





VORLESUNGEN

ÜBER

MECHANISCHE TECHNOLOGIE

DER METALLE, DES HOLZES, DER STEINE UND ANDERER FORMBARER MATERIALIEN

VON

DR. ING. AD HON. FRIEDRICH KICK

K. K. HOFRAT UND PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN WIEN.

MIT 708 ABBILDUNGEN.

II. AUFLAGE.

LEIPZIG UND WIEN.

FRANZ DEUTICKE.

1908.

Verlags-Nr. 1367.

Druck von Rudolf M. Rohrer in Brünn.

Vorwort zur 1. Auflage.

Das vorliegende Werk gibt ungefähr den Inhalt dessen wieder, was ich in meinen Vorlesungen an der technischen Hochschule über mechanische Technologie der Metalle, des Holzes, der Steine und anderer formbarer Materialien auszuführen pflege. Es verdankt seine Entstehung zunächst dem Wunsche, meinen Zuhörern die mechanische, dem verständnisvollen Hören hinderliche Arbeit des Nachschreibens zu ersparen, zugleich aber auch weiteren Kreisen höherer technischer Vorbildung ein Buch zu bieten, welches in die mechanische Technologie einführt. Da meine Vorlesungen etwas von Jahr zu Jahr Wechselndes sind und bald dieser, bald jener Abschnitt mit größerer Ausführlichkeit behandelt wird, so kann dieses Werk keine getreue Wiedergabe sein, aber es wird dem Studierenden das Wesentlichste bieten.

Es mag manches zu kurz behandelt und weiterer Erklärungen bedürftig erscheinen; doch ist zu bedenken, daß die richtige Vorstellung technologischer Prozesse niemals aus Büchern allein, sondern nur in Verbindung mit aufmerksamer Beobachtung der Arbeitsvorgänge, wie sie die Praxis bietet, gewonnen werden kann. Deshalb bildet der mit den Vorlesungen im engen Zusammenhange stehende Besuch industrieller Etablissements die erforderliche Ergänzung, und eine solche muß sich jeder zu verschaffen suchen, welcher Technologie studieren will. Das Leben bietet hierzu vielfache Gelegenheit.

Das vorliegende Werk fußt natürlich teilweise auf Arbeiten, welche ihm vorhergingen, insbesondere ist der Einfluß Karmarsch's, Hartig's, Reuleaux's, Treska's und Reuter's (meines Lehrers) ein maßgebender, doch geht es in manchen Teilen seine eigenen Wege.

In der Einleitung sind die Prinzipien der mechanischen Formänderung abgehandelt und die Materialien nach ihren charakteristischen Arbeitseigenschaften eingeteilt, hieran reiht sich die Besprechung der wichtigsten Rohmaterialien, der passiven Hilfsmittel, der Zerkleinerungs-, Sortierungs- und Mengungsarbeiten und der mannigfachen Formänderungsverfahren. Die Zusammenfügungs- und Verschönerungsarbeiten bilden, dem Vorgange Karmarsch's folgend, den Schluß.

So wie die Einleitung, zum nicht geringen Teile auf selbständigen Untersuchungen fußend, als neu bezeichnet werden kann, so stellt sich auch

die Behandlungsweise der Werkzeugmaschinen als wesentlich abweichend von dem sonst gebräuchlichen Vorgange dar, und der Fachmann wird den Einfluß Reuleaux'scher Anregungen leicht erkennen. Das nicht ganz leichte Gebiet der Werkzeugmaschinen wird so leichter faßlich und weit übersichtlicher.

Das Buch bezweckt nebenbei, den Leser mit der reichen technologischen Literatur bekanntzumachen, und dient diesem Zwecke auch der dritte Teil des Anhanges, in welch letzterem auch einige andere mit der mechanischen Technologie in naher Beziehung stehende Fragen ihre Behandlung finden.

Möge dieses Werk, seinen Zweck erfüllend, freundlicher Aufnahme sich erfreuen und kleine Mängel, welche nicht ihre Berichtigung fanden, entschuldigt werden.

Wien, im Juli 1898.

Friedrich Kick.

Vorwort zur 2. Auflage.

Pflichtgemäß ging dieser neuen Auflage die sorgfältigste Durchsicht der ersten voraus, und den rastlosen Fortschritten auf allen technischen Gebieten wurde durch mannigfache Ergänzungen Rechnung getragen.

Neue Erkenntnisse der physikalischen Chemie und Metallographie haben ebenso ein bescheidenes Plätzchen gefunden, wie praktische Errungenschaften der Stahlerzeugung und Behandlung, der Aufbereitung, des Formens und des Baues und Gebrauches der Werkzeugmaschinen.

Es ergab sich daher notgedrungen eine Vermehrung des Stoffes; aber dennoch konnte durch sparsameren Druck sowohl Umfang als Preis des Werkes vermindert werden, wodurch es weiteren Kreisen zugänglich sein dürfte.

Indem ich die 2. Auflage hiermit den Hörern technischer Hochschulen und dem weiten Kreise anderer, wissenschaftlich ähnlich vorgebildeter Männer überreiche, hoffe ich, dieselben nicht nur in das weite Gebiet der mechanischen Technologie einzuführen, sondern ihnen auch ein für längere Zeit brauchbares Nachschlagebuch für die technologische Literatur und teilweise auch für Bezugsquellen zu übergeben.

Der Buchdruckerei habe ich für die musterhafte Hauskorrektur zu danken.

Wien, im Januar 1908.

Friedrich Kick.



Übersicht des Inhaltes.

I. Teil.

II. Teil.

III. Teil.

IV. Teil.

V. Teil.

I. TEIL.

Mechanisch-technologische Grundbegriffe.

Die mechanische Technologie ist die Wissenschaft der mechanischen und bleibenden Formänderungen der Materialien. Als solche bildet sie eine der wichtigsten Grundlagen für die technische Gewerbslehre.

Alle mechanischen Gewerbe und Industrien, d. h. alle jene, welche ihre Produkte durch Anwendung mechanischer Mittel herstellen, finden eine ihrer wesentlichsten technischen Grundlagen in der mechanischen Technologie, denn diese ist es, welche, fußend auf den Arbeitseigenschaften der verschiedenen Materialien, die Wirkungsweise der mannigfachen, zur Formänderung geeigneten Hilfsmittel — Werkzeuge, Arbeitsmaschinen — untersucht und klarlegt, und die Verfahrungsweisen oder Fabrikationsmethoden betrachtet. Diese Wissenschaft kann man auch allgemeine mechanische Technologie nennen, zum Unterschiede von der speziellen mechanischen Technologie, welche sich entweder nur mit einem bestimmten Rohmaterial und seiner Verarbeitung, z. B. dem Getreide (Müllerei), dem Tone (Töpferei), beschäftigt, oder mit der Herstellung bestimmter Fabrikate, z. B. die Schrotfabrikation, Glockengießerei, Gewehrfabrikation, Bronze- oder Metallfarbenfabrikation, Schriftgießerei, Papierfabrikation usw., oder mit jenem oft mannigfachen Gemenge mechanisch-technologischen Wissens, welche der Name eines Handwerkes oder einer Industrie birgt, z. B. Schlosserei, Tischlerei, Spinnerei, Weberei usw. — Die Namen aller speziellen mechanisch-technologischen Gebiete, welche selbständige Bearbeitungen fanden, würden Seiten füllen.

Vom Speziellen schreitet man zum Allgemeinen. Dies ist der Weg, welchen jede auf Realem fußende Wissenschaft geht, daher auch die Technologie ging, und es kann demnach nicht überraschen, daß dieselbe ursprünglich aus der Aneinanderreihung der Arbeitsvorgänge mehrerer Gewerbe bestand.

Bei diesem Vorgange mußte auffallen, daß sich viele Gewerbe ab und zu derselben Hilfsmittel, z. B. des Hammers, des Messers, der Feile usw.

bedienen, und dies führte den im gewerblichen Leben wohl bewanderten Altmütter zu seiner Werkzeuglehre, einem Werke, welches die meistgebrauchten Werkzeuge beschreibend behandelte, ohne jedoch ihre mechanische Wirkung auf die verschiedenen charakteristischen Materialgruppen näher zu erörtern.

Einen bedeutenden Schritt nach vor machte Karl Karmarsch durch sein berühmtes Lehrbuch der mechanischen Technologie. Der erste Band behandelte die mechanische Technologie der Metalle und des Holzes, der zweite die Spinnerei, Weberei, Papierfabrikation und die Ton- und Glaswarenindustrie. Im ersten Bande wurden die Metalle in kurzer Beziehung zu ihrer Gewinnung und unter Hervorhebung ihrer technisch wichtigsten Eigenschaften besprochen; sonach die Herstellung roher Formen (Gießen, Schmieden, Walzen) und hierauf jene Arbeitsprozesse, welche, wie Drehen, Hobeln, Bohren, Fräsen, Schleifen usw., zur weiteren Formgebung der Gebrauchsgegenstände, sodann jene Arbeiten, welche zur Zusammenfügung und endlich zur Vollendung oder Verschönerung dienen. Der gleiche Vorgang wurde bezüglich des Holzes beobachtet. So war ein System in das reiche Material gebracht, ein System, welches zur leitenden Idee die natürliche Arbeitsfolge hatte und eine erstaunliche Menge einzelner empirischer Erfahrungen zu einem übersichtlichen Ganzen vereinigte. Der verwandte Gedankengang lag auch dem zweiten Bande zugrunde, welcher zunächst die Spinnerei und Weberei im allgemeinen, hierauf aber das Spinnen und Weben der besonderen Rohfasern, Baumwolle, Flachs, Schafwolle, Seide behandelte. Die Papierfabrikation, Glas- und Tonwarenindustrie waren als spezielle technologische Zweige angereiht.

Das System Karmarsch's war kein streng wissenschaftliches, indem es den mechanischen Vorgängen bei der Formänderung nicht nachging und dieselben nicht aufhellte, und insofern auch lückenhaft, als es zahlreiche Rohmaterialien nicht in den Kreis seiner Betrachtung zog; aber es diente dem vorherrschenden Bedarfe des Technikers in ausgezeichneter Weise, weil es zahllose empirische Erfahrungen übersichtlich verband.

In ganz anderer Weise wirkte Treska befruchtend auf das technologische Erkennen. Er war es, welcher zuerst nachwies, daß die Bewegung der Massenteilchen von Flüssigkeiten, welche aus Gefäßöffnungen zum Ausflusse kommen, ganz ähnlich sei der Bewegung der Teilchen fester bildsamer Körper, wenn dieselben einem entsprechend hohen Kolbendrucke ausgesetzt werden. Mit Recht nannte er diese Erscheinung „écoulement des corps solides“,[1]) d. h. „den Fluß fester Körper“. Treska erklärte hierdurch manche bisher mißverstandene Erscheinung, und er war es zuerst, welcher das wissenschaftliche Experiment so recht eigentlich in die Technologie einführte; denn ihm handelte es sich um die Erkenntnis der inneren Vorgänge aus dem und durch das Experiment, während alle die unzähligen

[1]) Siehe Savants étrangers, Vol. XIII, p. 756, und Vol. XX, p. 169.

Versuche der gewerblichen Praxis nur die Bestimmung hatten, unmittelbaren gewerblichen Interessen zu dienen, daher erkenntnis-theoretisch geringwertig waren und sind.

Die zahlreichen mechanisch-technologischen Aufgaben werden durch Werkzeuge zu lösen gesucht; ihre Zahl ist groß, ihre Formen mannigfach und es fällt oft schwer, sich eine Vorstellung zu bilden, wie sie entstanden sind, d. h. erfunden wurden. Hier führt das von Ernst Hartig erkannte „Gesetz vom Gebrauchswechsel" oft zu leichtem Verständnis. Hartig zeigte, daß es instinktiv im Menschen liege, jedes Werkzeug versuchsweise zu den verschiedenen Zwecken und an verschiedenen Materialien zu benutzen und es in seiner Form, entsprechend den gemachten Erfahrungen, dem Einzelzwecke mehr und mehr anzupassen, wodurch sich aus wenigen Grundformen die Vielheit abgeleiteter Werkzeuge entwickelt. Hoch beachtenswert sind auch Hartigs Definitionen, insbesondere seine Anleitung zur Formulierung der Patentansprüche.

Als Nachfolger Treska's kann Kick bezeichnet werden. Er fand, daß die Arbeitsgrößen zu gleichartiger Formänderung geometrisch ähnlicher Körper derselben materiellen Beschaffenheit sich verhalten wie die Gewichte oder Volumen dieser Körper, und nannte dieses Gesetz: „Gesetz der proportionalen Widerstände."[1]) Kick wies ferner experimentell nach, daß die von dem Geologen Albert Heim aufgestellte Behauptung,[2]) daß manche spröde Gesteine unter den bei der Gebirgsbildung vorhandenen Bedingungen sich gleich bildsamen Massen deformierten, richtig sei; er bog Stängelchen spröder Materialien, drückte Steinsalzkristalle und Marmorkugeln ohne Bruch zu niedrigerer Endform, er prägte einige spröde Stoffe, und zwar all dies durch zusätzlichen, allseitigen Umschluß, beziehungsweise Druck. Dadurch war der prinzipielle Unterschied zwischen spröde und bildsam in einen Unterschied dem Grade nach verwandelt. Auf seine Versuche über die sogenannte „Konstanz der Dichte" kommen wir später zurück.

Neuere Arbeiten in dieser Richtung, und zwar über das Walzen, über die Theorie der Bildung der Späne (Hobeln) und über das Lochen, werden an entsprechender Stelle besprochen; desgleichen solche Arbeiten über die Festigkeit der Materialien, welche sich auf bleibende Formänderungen erstrecken.

All diese Arbeiten sind nur die Anfänge zu einer Mechanik der Formänderungen, zu einer wissenschaftlichen Technologie, aber immerhin dürften sie den Versuch rechtfertigen, schon jetzt die Behandlung des Stoffes in eine Form zu bringen, welche sich nur insoweit an den Lehrgang Karmarsch's anlehnt, als dies einerseits durch das praktische Bedürfnis des Technikers geboten erscheint, anderseits durch den Mangel hinreichender Erkenntnis sich ergibt; denn dort, wo die wissenschaftliche Erforschung

[1]) Kick, Das Gesetz der proportionalen Widerstände und seine Anwendung. Leipzig 1885.

[2]) Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel 1878.

lückenhaft ist, muß die empirische Kenntnis herhalten, die Lücken nach Möglichkeit zu füllen.

Alle Materialien, welche die Natur dem Menschen darbietet: Steine, Holz, Geweihe, Muscheln, Haare usw. und zahlreiche Materialien, welche der Mensch auf künstlichem Wege abscheidet oder bereitet, wie Metalle, Kautschuk, Glas u. a., unterliegen zum Zwecke der Herstellung von Gegenständen des Gebrauches der Formänderung. Fast jedes Material hat besondere Eigenschaften, auf welche bei der Verarbeitung sowohl bezüglich der anwendbaren Arbeitsverfahren, als auch der Wahl der Werkzeuge Rücksicht genommen werden muß, aber doch lassen sich dieselben in Gruppen bringen, derart, daß die Glieder jeder Gruppe entweder die gleichen, oder doch nahe verwandte Arbeitsverfahren und Werkzeuge zu ihrer Formänderung erheischen.

Wir betrachten die Materialien nach hervorragenden Arbeitseigenschaften und gruppieren sie darnach aus praktischen Gründen in gießbare, bildsame, spröde, spaltbare, zähe-zellige und daher nur „schneidbare“ und in spinnbare, ohne hiermit eine wissenschaftliche Einteilung geben zu wollen.

Unter Gießbarkeit ist jene Eigenschaft verstanden, vermöge welcher das in seiner Form zu verändernde Material, sei es durch Erhitzung (Schmelzen) oder auf anderem Wege, vorübergehend in einen flüssigen Zustand versetzt werden kann, in welchem Zustande es sich in Hohlräume („Formen“) gießen läßt, in denen es aus dem flüssigen wieder in den festen Zustand übergeht, die Gestalt des Hohlraumes annehmend und beibehaltend.

Bildsamkeit (Plastizität) bezeichnet jene Eigenschaft, welche eine bleibende Formveränderung durch Verschiebung der Massenteilchen aneinander, hervorgerufen durch entsprechenden Druck, ohne Bruch gestattet. Die Bildsamkeit ist dem Grade nach sehr verschieden; je leichter bei dem Verschieben der Massenteilchen Sprünge oder Risse auftreten, je geringer die Bildsamkeit ist, um so sperer, spröder wird das Material genannt. Je schwieriger Risse auftreten, um so bildsamer, zäher ist das Material. Die aufzuwendende Arbeit für eine bestimmte, durch Verschiebung der Massenteilchen erzielte Formänderung ist je nach dem Material sehr verschieden.

Sind die erforderlichen Kräfte so gering, daß der zwischen den Fingern erzielbare Druck hinreicht, so bezeichnet man das Material als knetbar, sind dieselben so groß, daß man zur Formänderung sich mit Vorteil des Hammers bedienen kann, so heißen solche Materialien hämmerbar.

Eine ganze Reihe von Formänderungsarbeiten, z. B. das Walzen, Prägen, Stanzen, Pressen, Ziehen, setzen Bildsamkeit des Materials voraus, um mit Erfolg angewendet werden zu können.

Spröde Materialien sind jene, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen eher zerbrechen, als daß sie bleibende Verschiebungen ihrer Massenteilchen aneinander zulassen. Die Formänderung spröder Materialien kann stets durch

Abtrennen kleiner Teilchen erfolgen, wozu häufig das Schleifen angewendet wird. Alle spröden Materialien sind schleifbar.

Unter Spaltbarkeit versteht man jene Eigenschaft, welche eine Teilung durch entsprechend angewendete Keilwirkung nach einer Fläche, meist Ebene, zuläßt, welche man die Spaltfläche nennt. Hierbei erfolgt die Teilung so, daß sie sich weit über die unmittelbare Einwirkung des Werkzeuges hinaus in der Spaltrichtung erstreckt. Für Teilungsarbeiten ist die Spaltbarkeit wichtig.

Unter Schneidbarkeit möge bei zelligen (parenchymatischen) Materialien, z. B. Kork, Fleisch usw., jene Eigenschaft verstanden sein, welche die Abtrennung von Teilen durch entsprechende Anwendung des Messers leicht gestattet.

Die Spinnbarkeit ist jene Eigenschaft faseriger Materialien (Fasern), welche gestattet, aus denselben durch entsprechendes schraubenförmiges Zusammendrehen einen beliebig langen Faden (Garn) zu bilden. Im Sinne der Bildung eines langen Fadens spricht man wohl auch vom Spinnen des Glases, doch ist diese Fadenbildung kein Spinnen, sondern ein Ausziehen (Abziehen) eines Fadens vom glühenden Ende des Glasstäbchens.

Ein und dasselbe Material kann zwei oder mehrere dieser Arbeitseigenschaften besitzen. So ist z. B. das Glas gießbar, weil schmelzbar; es ist in der Gelbglühhitze bildsam, hingegen bei gewöhnlicher Temperatur spröde. Dennoch hat die Gruppierung der Materialien nach den hervorgehobenen Arbeitseigenschaften wesentliche Vorteile, weil sich hierdurch manche Wiederholung vermeiden läßt und die Gedächtnisarbeit sich mindert.

I. Gießbare Materialien.

Zu den gießbaren Materialien gehören:

A. Schmelzbare:

1. Metalle und Legierungen: Stahl, Gußeisen, Tombak, Messing, Bronze, Argentan, Zink, Blei, Zinn, Platin, Gold, Silber, Aluminium u. dgl.
2. Silikate: Glas, Email.
3. Viele Harze und Fette: z. B. Stearin, Wachs, Seife.

B. In flüssigen (dickflüssigen) Brei durch Wasserzusatz verwandelte:

1. Erhärtender Brei: Gips, Tripolith, Zement.
2. Durch Wasserentziehung in Gipsformen eine feste Schicht bildend: Porzellanmasse.

II. Bildsame Materialien.

A. Bei geringem Druck bildsam; weiche oder knetbare Materialien (leicht im Formen preßbar):

1. Durch eine Flüssigkeit erweicht: Ton, Porzellanmasse, Mehlteig, Graphitteig, Farbepasten, Glaserkitt, Seife.

2. Durch Erwärmung erweicht: Viele Harze, Wachs, Guttapercha (60 bis 70° C), Kautschuk (90° C), Zelluloid (Zellhorn), Bernstein (nur biegsam), Glas (glühend).

3. Durch Schmelzen und darauf folgende teilweise Abkühlung erweicht: Zucker, Glas.

B. Bei hohem Druck bildsam:

1. Hämmerbar, walzbar, ziehbar und prägbar: Blei, Zinn, Zink (150° C), Kupfer, Messing, Tombak, Argentan, Aluminium, Eisen (Fluß- und Schweißeisen), Stahl (weicher), Nickel, Gold, Silber, Platin.

2. Glühend hämmerbar (schmiedbar): Stahl, Eisen, Nickel, Platin, Kupfer, Gold, Silber, Messing (bestimmte Sorte).

III. Spröde Materialien.

A. Schleifbar: Steine, Hartguß, Glas.

B. Schleifbar und auch drehbar: Zink (kalt), Gußeisen, Knochenbein, Elfenbein.

IV. Spaltbare Materialien:

Holz, viele Steine, Leder, Schildpatt, Horn.

V. Schneidbare, zellige Materialien:

Kork, Holz, Leder, Fleisch.

VI. Spinnbare Materialien:

Baumwolle, Flachs, Hanf, Schafwolle, Seide usw.

Die gießbaren Materialien gestatten eine rasche Formgebung auch dann, wenn die zu erreichende Endform nichtsweniger als geometrisch einfach ist. Von der Gießbarkeit der Materialien wird in der Weise Gebrauch gemacht, daß man den gießbaren festen Körper zunächst in den flüssigen Zustand überführt, hierauf in Hohlräume entsprechender Gestalt, „die Formen", gießt, und ihn in denselben wieder in den festen Zustand übergehen läßt, wobei das gießbare Material die Gestalt der Hohlform annimmt. Die meisten gießbaren Körper werden durch Schmelzen flüssig gemacht und die wichtigsten sind die Metalle.

Gießbarkeit verlangt, daß die Überführung des festen Materials in den zum Eingießen in die Form hinreichend dünnflüssigen Zustand praktisch nicht zu schwierig durchführbar ist, sie verlangt die Benützung von Formen, welche den Einwirkungen des in dieselben gegossenen Materials wenigstens für einen Guß genügenden Widerstand zu leisten vermögen, und sie fordert, daß das Material beim Übergange aus dem flüssigen in den festen Zustand unter guter Ausfüllung des Hohlraumes der Form zu einem zusammenhängenden, dichten Körper erhärte (z. B. Gips), beziehungsweise erstarre (z. B. Zinn).

Sind diese Bedingungen erfüllbar, so besitzt ein Material die Gießbarkeit und kann durch deren Benützung die Herstellung auch komplizierter Stücke verhältnismäßig rasch erzielt werden. Natürlich ist die Mühe und Zeit zur Herstellung der Gußform, wenn dieselbe nur einmalige Benützung zuläßt, wie dies z. B. bei dem Eisen-, Bronze- und Messinggusse fast durchaus der Fall ist, mit zu den Arbeiten des eigentlichen Gießens zu rechnen.

Es gibt viele Gegenstände, wie z. B. die Mehrzahl der Ständer der Maschinen, welche in ihrer Eigenform nur durch Guß hergestellt werden können, und dadurch wird die Anwendung der Gießbarkeit für manche Zwecke zur Notwendigkeit. Man macht aber von der Gießbarkeit auch in solchen Fällen oft Gebrauch, wo die Herstellung der gewünschten Form, beziehungsweise des verlangten Gegenstandes auch auf anderem Wege möglich ist; hier entsteht die Frage, welches Herstellungsverfahren das zweckmäßigere ist. In der Regel ist jenes Verfahren zu wählen, welches bei annähernd gleichem Gebrauchswerte die geringeren Herstellungskosten verursacht, oder jenes, welches Gegenstände größeren Gebrauchswertes liefert. So läßt sich z. B. ein Leuchter ganz wohl aus Messing gießen, er kann aber auch aus Messingblech hergestellt werden. — Man wählt meist die zweite Erzeugungsmethode, weil man hierbei sowohl weniger Material, als auch geringeren Aufwandes für die Vollendungsarbeiten bedarf, das Fabrikat daher viel billiger liefern kann. Noch weit auffälliger würde sich der Unterschied beider Methoden ergeben, wenn hierbei das Material Silber oder Gold, statt Messing in Frage käme. Gußeiserne Töpfe sind häufig in Gebrauch, solche aus Blech (gestanzt) haben aber wesentliche Vorteile (insbesondere geringeres Gewicht), und darum werden sie in Massen gleichfalls erzeugt, obwohl ihre Herstellungskosten etwas größere sind.

Die aus gießbarem Material hergestellten Gußstücke sind größtenteils als spröde Materialien zu betrachten, wohl geeignet, auf Druck beansprucht zu werden, minder geeignet auch Inanspruchnahmen auf Biegung standzuhalten. Eine vorteilhafte Ausnahme macht hierin der im Maschinenbau mehr und mehr sich einführende Stahlguß.

Die gießbaren Materialien sind ihrer Natur nach so verschieden, daß auch die Verfahren und Mittel, sie flüssig zu machen, die zu beobachtenden Vorsichten, um dichte Güsse zu erzielen, sowie endlich die erforderlichen Eigenschaften der Form sehr verschiedene sind, und speziell im Abschnitte Gießerei besprochen werden.

Die bildsamen Materialien sind, dem Grade der Bildsamkeit nach, sehr verschieden. Manche, wie Ton- und Porzellanmasse (mit etwa 20% Wassergehalt), rewärmtes Wachs, Guttapercha bei 70° C, u. a. lassen sich unter dem Drucke der Finger oder Hände deformieren und können als knetbare Materialien bezeichnet werden; andere bildsame Materialien bedürfen weit kräftigerer Einwirkung zur Verschiebung ihrer Massenteilchen und weil das einfachste Werkzeug, um solche Verschiebungen zu

rzielen, der Hammer ist, so bezeichnet man sie als hämmerbar. Mittel, welche annähernd ebenso intensiv einzuwirken vermögen, z. B. Walzen, Pressen, Prägewerke usw., können gleichfalls Verschiebungen der Massenteilchen dieser Körper bewirken, darum sind alle hämmerbaren Materialien auch walzbar, preßbar, prägbar usw.

Da sich bei den knetbaren Materialien die Massenteilchen besonders leicht verschieben lassen, so können dieselben durch verschiedene einfache Mittel in ihrer Form abgeändert werden. Man schlägt z. B. einen Klumpen Ton in ein Kästchen (die Ziegelform) und stößt dasselbe auf den Werktisch kräftig auf, streift den Überschuß ab und der Ziegel ist geformt. Damit er sich leicht aus der Form bringen läßt, ist diese vorher mit Sand eingestreut.

Schleudert man einen Klumpen knetbaren Materials gegen eine feste Unterlage (Werktisch), so drückt er sich breit (Guttapercha verhält sich anders; siehe unten). Die Massenteilchen kommen beim Stoß in sehr kurzer Zeit zur Ruhe, in dieser Zeit des Stoßes streben sie aber in ihrer Bewegungsrichtung vor, und finden sich lufterfüllte Räume im Material, so schieben sich die Massenteilchen an diesen Blasenräumen vorbei, die Luftblasen ziehen sich zurück und es gelangt schließlich die Luft aus der Masse hinaus. Hiervon wird beim sogenannten Schlagen (Werfen) des Tones und der Porzellanmasse ein sehr nützlicher Gebrauch gemacht, denn dadurch wird die Masse frei von Luftblasen, welche, darin verbleibend, beim späteren Brennen der daraus geformten Gegenstände zum Reißen (Platzen) derselben Veranlassung geben würden. Das Indiebreitegehen der aufgestoßenen knetbaren Masse kann man Stauchen nennen.

Stößt ein zylindrisches Stück knetbaren Materials in achsialer Richtung gegen eine feste, zur Bewegungsrichtung senkrechte Wand, so vollzieht sich eine Formveränderung wie bei nebenstehender Abb. 1. Das Stück staucht sich aus der Grundform $abcd$ in die Form $a'b'c'd'$. Der innere Vorgang ist

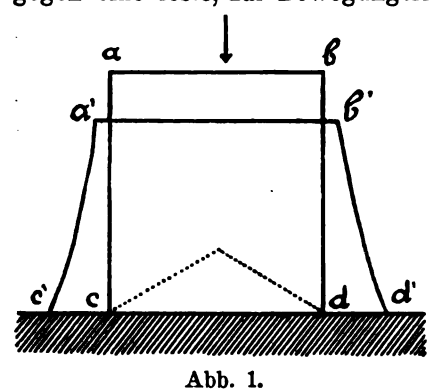
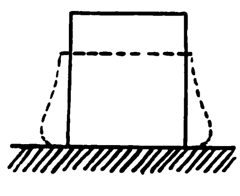


Abb. 1.


Abb. 2.

nicht einfach. Bei dem Stoße des zylindrischen Stückes gegen die Wand bildet sich über cd ein Materialkegel, über welchen die nachfolgenden Teile abgleiten; und sowohl die Höhe dieses Kegels als der Grad der Bewegung der nachfolgenden Massenteilchen ist abhängig von der Geschwindigkeit und von dem Grade der Bildsamkeit. — Bei anderen Verhältnissen der Bildsamkeit und Zähigkeit entsteht statt der obigen Deformationsform eine Gestalt, wie sie Abb. 2 zeigt.

Prinzipiell die gleichen Stauchungserscheinungen kann man auch bei den hämmerbaren Materialien beobachten (vgl. Schmieden). Die Abb. 3 und 4 zeigen die Schichtenverschiebungen, welche sich bei geschichteter Porzellanmasse und bei zwei verschiedenen Geschwindigkeiten ergaben.

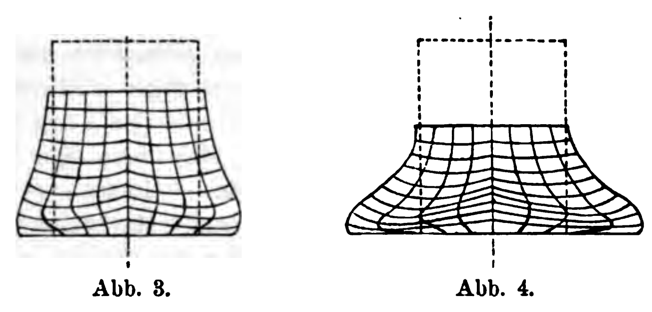


Abb. 3. Abb. 4.

Die knetbaren Materialien lassen sich mittels Draht schneiden. Der dabei beobachtete Vorgang, welcher bei Ton, Porzellanmasse, Seife u. a. Anwendung findet, ist durch Abb. 5 gekennzeichnet. *d* ist der Draht, *G* sind die Handgriffe, an welchen seine Enden befestigt sind.

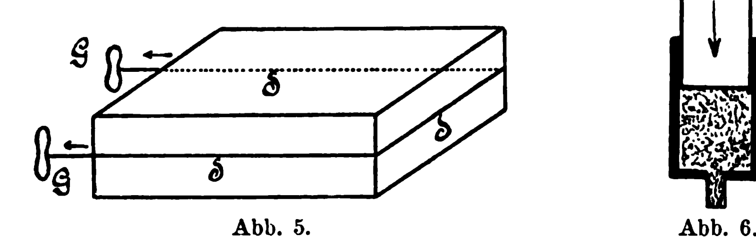


Abb. 5. Abb. 6.

Alle knetbaren Materialien, z. B. Ton, Mehlteig, Graphitpasta usw. lassen sich aus Gefäßöffnungen zum Ausfluß bringen, wenn man die das Gefäß füllende knetbare Masse einem genügenden Stempeldrucke aussetzt, ja selbst weiche Metalle (Blei, Zinn) gestatten dies noch in praktisch ganz wohl verwertbarer Weise. Kupfer bildet die Grenze; diese Formveränderung ist hierbei noch möglich, aber kaum mehr rationell verwertbar, falls bei gewöhnlicher Temperatur gepreßt wird. — Die äußere Anordnung kann sehr verschieden sein. Das Prinzip ist durch Abb. 6 gekennzeichnet.

Nach der Gestalt der Öffnung bildet sich natürlich der Querschnitt des ausgepreßten Stranges. Ist der Querschnitt rechteckig und von entsprechender Größe, das Material Ton, so erhält man einen Tonstrang, welcher nur mit Draht quer durchschnitten zu werden braucht, um Ziegel zu liefern. Ist der Lochquerschnitt durch entsprechend angebrachten Kern als Ring gebildet, so kann man Tonröhren, Mehlteigröhren (Makkaroni), Bleiröhren usw. erhalten. Bei geringen Querschnitten der auszupressenden Stränge kann man in dem Gefäßboden (oder darin eingepaßten Modeln) mehrere Ausflußöffnungen anbringen und gleichzeitig mehrere Ausflußstränge erhalten. Dies ist z. B. der Fall bei der Herstellung der Graphitstifte, welche wir in unseren Bleistiften getrocknet wieder finden.

Bringt man unter den Ausflußöffnungen ein rotierendes Messer an, so bekommt man Scheibchen in Gestalt des Ausflußquerschnittes oder kurze prismatische oder zylindrische Stückchen. Ersteres ist bei gewissen Teigwaren der Fall, welche als Ringelchen, Sternchen, Tierfiguren in den Handel kommen, letzteres bei manchem „rauchlosen" Pulver.

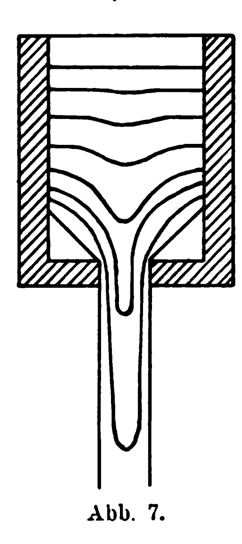


Abb. 7.

Die für verschiedene Materialien und Größenverhältnisse erforderlichen Pressungen sind außerordentlich verschieden und wechseln zwischen 4 und 10.000 Atmosphären, daher auch die Maschinen sehr verschiedene Konstruktionen aufweisen. — Interessant ist die bei diesem Vorgange stattfindende Materialbewegung. Dieselbe ist aus Abb. 7 in der Hauptsache ersichtlich.

Ein sehr wichtiges Mittel zur Formänderung einiger knetbarer Materialien ist die Töpferscheibe. An einer vertikalen Achse, welche in Rotation versetzt werden kann, sitzt eine Scheibe (Arbeitscheibe), auf welche ein Klumpen knetbaren Materials aufgesetzt und in Drehung gebracht wird. Aus dem rotierenden, weichen Material formt man durch Einwirkung der nassen Hände und verschiedener Werkzeuge die mannigfachsten Hohlformen. Auf diese Weise können alle knetbaren Massen behandelt werden, welche während der Dauer dieser Arbeit ihre knetbare Beschaffenheit beibehalten.

Ein sehr interessantes Material ist die Guttapercha. In Wasser von 70° C wird sie bald vorzüglich knetbar und nimmt bei ruhigem Drucke die zartesten Eindrücke an. Anders verhält sich Guttapercha gegen Stoß. Wirft man eine bei 70° C erweichte Guttaperchakugel gegen eine feste Wand, so springt sie von derselben gleich einem Kautschukballe zurück. Der Grund dieser Erscheinung liegt in zahlreichen, in der knetbaren und zähen Masse enthaltenen Luftbläschen, welche bei Stößen elastisch reagieren, während sich bei ruhigem Drucke die Luftbläschen im zähen Materiale verschieben und die dauernde Formänderung nicht hindern. Es liegt in diesem Material ein treffendes Beispiel vor, daß gewisse Arbeitseigenschaften (hier die Knetbarkeit) übereinstimmen können, in anderer Richtung aber sich doch ein wesentlich anderes mechanisches Verhalten zeigt. Durch das beim Ton zum Austreiben der Luftblasen verwendbare Schlagen (Werfen) würde aus Guttapercha die Luft nicht auszutreiben sein.

Die hämmerbaren Materialien sind, wie bereits früher bemerkt wurde, jene bildsamen Materialien, zu deren Formänderung Hammerarbeit verwendet werden kann. Mit dieser Eigenschaft fällt die Schmiedbarkeit nicht völlig zusammen, denn diese ist Hämmerbarkeit in der Glühhitze; und manche hämmerbare Materialien, z. B. Blei, Zinn, schmelzen schon lange vor beginnender Glühhitze, andere, z. B. weiche Bronze, gewöhnliches Messing, sind bei gewöhnlicher Temperatur besser hämmerbar

als in der Glühhitze, Zink ist bei 120° bis 150° C hämmerbar und walzbar, im kalten Zustande oder stark erhitzt ist es spröde.

Von besonderer und sprichwörtlicher Schmiedbarkeit ist das Eisen (das schmiedbare Eisen — Roheisen ist nicht schmiedbar) und braucht man etwa nur $^1/_6$ der mechanischen Arbeit, um eine gewisse Formänderung bei glühendem Eisen zu erzielen, als bei gewöhnlicher Temperatur nötig wäre. Von der Hämmerbarkeit macht man bei manchen Materialien — z. B. Kupfer — selbst dann Gebrauch, wenn sie zugleich auch schmiedbar sind, weil sich viele Arbeiten an dem kalten Material besser durchführen lassen. Nur müssen die durch kalte Bearbeitung in das Material gebrachten Spannungen durch Ausglühen entfernt werden.

Es ist von wesentlichem Interesse, die Wirkung des Hammers näher zu betrachten. Trifft die ebene Endfläche (Bahn) eines Hammers auf ein dickes Werkstück eines hämmerbaren Materials, so treibt der Hammer die unter der Bahn desselben befindliche Materialmenge, welche sich kegelförmig (wie Abb. 8 zeigt) an der Hammerbahn (und an der Unterlage)

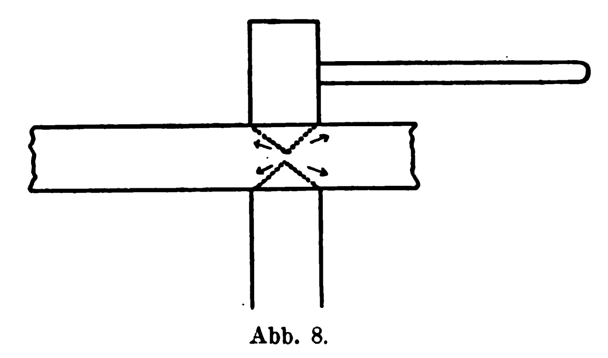


Abb. 8.

aufbaut, in das übrige Material ein. An diesen Materialkonoiden fließt das nebenbefindliche Material seitlich ab, in der Richtung des kleinsten Widerstandes. Ist die Hammerbahn schmäler, bei gleicher lebendiger Kraft des Schlages, so ist die das Material streckende oder breitende Wirkung eine lebhaftere. Daher hängt die Wirkung wesentlich von der Gestalt und Größe der Hammerbahn und jener der Unterlage, des Ambosses, ab. Ist der Hammer im Vergleiche mit dem Arbeitstücke sehr klein, so bewirken die Hammerschläge nur oberflächliche Verschiebungen des Materials, welche sich zuweilen nur als Oberflächenspannungen äußern (vgl. Hammerarbeit).

Die Abb. 9 bis 14 zeigen die Verschiebungen, wie sie sich durch die Wirkung einfacher Werkzeuge bei geschichtetem Ton ergaben und wie sie ganz gleichartig auch bei anderen bildsamen Materialien auftreten.[1])

---

[1]) Die geschichteten, parallelopipädischen Tonklötze wurden deformiert, sodann in zirka 2 *cm* dicke Platten durch Draht geschnitten, dieselben getrocknet und gebrannt. Es wurden zwei Tonarten verwendet, von welchen die eine sich rot, die zweite fast weiß brannte, daher die Schichtenverschiebungen sich im verkleinertem Bilde klar darstellen, nur wenig durch das Schwinden beim Trocknen verzogen.

Wie aus Abb. 9 ersichtlich ist, führt eine zur Bewegungsrichtung senkrechte Druckfläche einen Materialkegel mit sich, an dessen Mantelfläche das Abgleiten der umgebenden Massenteilchen erfolgt. Die Abb. 10 und 11 zeigen,



Abb. 9.



Abb. 10. Keilwinkel = 30°.



Keilwinkel: 60° 90° 120°
Abb. 11.





Abb. 12. Abb. 13.

daß keilförmige Werkzeuge einen ziemlich spitzen Zuschärfungswinkel besitzen müssen, wenn von einem Durchschneiden der Schichten gesprochen werden darf. Aus Abb. 12 und 13 ist zu entnehmen, daß auch „abscherend“ wirkende Werkzeuge innere Verschiebungen der Massenteilchen bewirken und die Trennung durchaus nicht exakt in der Richtung der Scherebene stattfindet, wie dies häufig geglaubt wird. Abb. 14 zeigt die Verschiebungen, welche ein unten zylindrisch abgerundetes Werkzeug hervorbringt.



Abb. 14.

Preßt man ein zylindrisches Stück eines bildsamen

Materials zwischen zwei parallelen Platten, so erhält man ein tonnenförmiges Stück von nahezu gleichem Volumen. Auch hier bauen sich kegelförmige Materialpartien auf (Abb. 15), über deren Mantelflächen die Bewegung der einzelnen Massenteilchen erfolgt. Die inneren Vorgänge bei diesen scheinbar einfachen Fällen sind äußerst zusammengesetzt und noch lange nicht völlig bekannt.

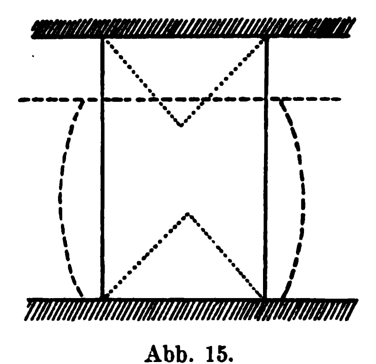


Abb. 15.

In der Festigkeitslehre nimmt man allgemein an, daß ein gedrückter oder gezogener Stab in allen Elementen seines Querschnittes gleich stark beansprucht ist. Über die Elastizitätsgrenze hinaus gilt dies auch nicht näherungsweise, wie die Versuche dartun.

Zwischen zwei Bleischeiben (Abb. 16) werde ein Kupferzylinder gelegt und hierauf das Ganze zusammengepreßt; nach der Pressung sind die

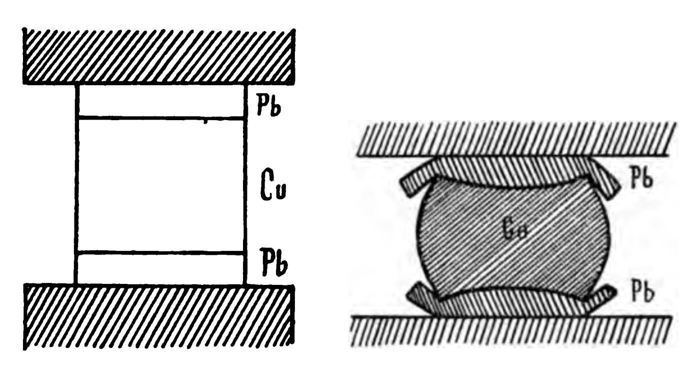


Abb. 16.

untere und die obere Endfläche des Kupferzylinders konkav geworden, was sich nur dadurch erklärt, daß die Pressung an der Achse der Stücke eine höhere war als in der Nähe des Umfanges, wo die Bewegung der Massenteilchen einem viel geringeren Widerstande begegnete. — Preßt man eine Bleischeibe zwischen parallelen Platten, deren obere oder untere Bohrungen aufweist, so fließt das Blei auch in diese ein, und zwar sind die der Achse der Scheibe nahen Bohrungen (Steigröhren) mit längeren Bleizapfen erfüllt; ein weiterer Beweis, daß in den mittleren Partien ein höherer Druck herrscht (Abb. 17).

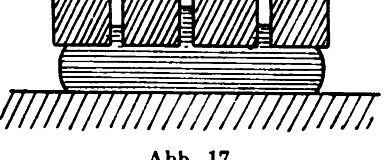


Abb. 17.

Die bildsamen Materialien verändern sich zudem durch die Bearbeitung je nach ihrer Natur in verschiedener Weise, was weitere Komplikationen bedingt. Zur Erhärtung dieser Tatsache mögen zwei Beispiele dienen. — Preßt man Porzellanmasse aus der Bodenöffnung eines zylindrischen Gefäßes, so ist der anfänglich austretende Ausflußzapfen wesentlich wasserreicher, daher

weicher als der später austretende, weil das Wasser nicht genügend in der Masse festgehalten ist und namentlich bei sehr langsamer Arbeit Zeit findet, in den unteren Teilen der Masse sich anzureichern. — Ein zweites Beispiel sei folgendes: Ein Kupferzylinder werde zwischen parallelen Platten zusammengedrückt und es stelle die Linie AM in Abb. 18 die Kurve der erforderlichen Pressungen in der Weise dar, daß die Abszissen proportional den Zusammendrückungen, die Ordinaten proportional den Pressungen sind; die Fläche AMX ist dann proportional der zur Formänderung geleisteten Druckarbeit. Bei der Pressung P wurde der Zylinder nur um $Aa_1 = x$ zusammengedrückt. Glüht man den um x zusammengedrückten Zylinder aus, läßt man ihn erkalten und belastet man ihn wieder durch P, so nimmt seine Höhe neuerlich ab, und zwar um a_1a_2, bei abermaligem Ausglühen um a_2a_3 usw. ($Aa_1 > a_1a_2 > a_2a_3 \ldots$). Daraus läßt sich folgern, daß durch Formänderung in dieses Material Spannungen eintreten, welche es widerstandsfähiger machen. Beseitigt man diese Spannungen durch Ausglühen, also durch möglichste Zurückführung zur ursprünglichen Beschaffenheit, so läßt sich die Formänderung bei denselben Pressungen wesentlich weitertreiben. Also auch in diesem Falle wird das Material (hier Kupfer) durch die Bearbeitung in seinen Eigenschaften verändert.

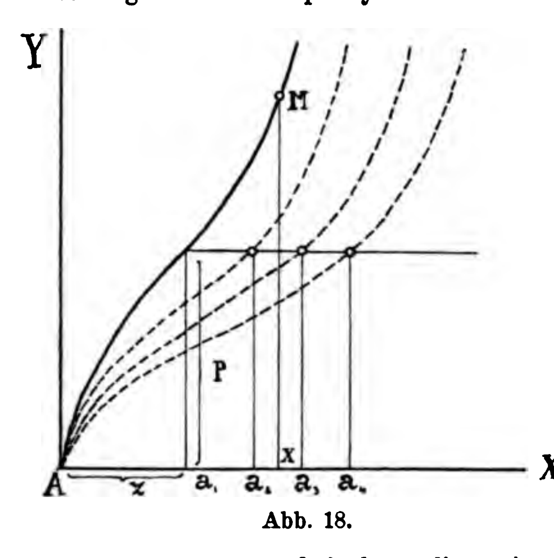


Abb. 18.

Diese Beispiele lassen erkennen, daß bei den verschiedenen Materialien besondere Umstände die Klarstellung der Widerstands-, beziehungsweise Formänderungsgesetze ganz außerordentlich erschweren und hierin liegt der Grund, warum sich die mechanische Technologie in den meisten Fällen noch mit empirischen, für die spezielle Formänderung bei speziellem Material ermittelten Tatsachen begnügen muß.

Die Zusammendrückung eines Kreiszylinders zwischen parallelen Platten ist gewiß eine einfache Formänderung und doch gelang es nicht, das Gesetz der Kurve AM zu finden, weder für Kupfer noch für Stahl, Eisen oder Blei, so ähnlich bezüglich des Wendepunktes auch der Verlauf bei diesen Materialien ist. Die Kurve ist das Bild des Zusammenwirkens verschiedener Einflüsse, welche derzeit noch unzerlegt geblieben sind.

Von den spröden Materialien.

Diese Materialien lassen eine Verschiebung ihrer Massenteilchen durch die gewöhnlichen mechanischen Mittel bei gewohnter Art ihrer Benützung

— Hammer, Presse, Walzen usw. — ohne Bruch nicht zu; hingegen kann man ihre Form durch die Operation des Schleifens, d. i. durch Abtrennung zahlreicher kleiner Teilchen mittels der scharfen Körner der Schleifmittel abändern. Alle spröden Materialien sind schleifbar, hingegen weder hämmerbar noch walzbar.

So wie es Unterschiede in dem Grade der Bildsamkeit gibt, so gibt es auch Unterschiede in dem Grade der Sprödigkeit. Gußeisen ist spröde, aber nicht so sehr als Marmor und gewahrt man dies insbesondere an der Beschaffenheit der Späne, welche mittels Stahlwerkzeugen von diesen spröden Materialien geringer Härte abgetrennt werden können. Die Späne des Gußeisens sind weit zusammenhängender als die Späne des Marmors, letztere sind teils kleine körnig-unregelmäßige Splitter, teils Pulver. Manche spröde Materialien, z. B. Bein, Elfenbein, Geweihe lassen sich durch längeres Einlegen in Wasser besser bearbeitbar (minder spröde) machen; andere können durch Erwärmung auf bestimmte Temperaturen, teils minder spröde gemacht werden (Horn, Schildpatt, Bernstein), teils lassen sie sich völlig in den bildsamen Zustand überführen. (Guttapercha bei 70° C, Glas in der Gelbglut, Zucker nach dem Übergange aus dem geschmolzenen Zustande in den festen usw.) Auch durch allseitigen hinreichenden Druck können manche spröde Materialien mehr oder weniger bildsam werden. (Hiervon später.)

Für die Zwecke rationeller Bearbeitung wird man häufig trachten, spröde Materialien in den bildsamen Zustand zu versetzen; bei Glas z. B. finden die meisten Formgebungen im hellglühenden, bildsamen Zustande statt, während das Schleifen meistens nur zu Vollendungsarbeiten Anwendung findet.

Das Glas ist in seinen Arbeitseigenschaften eines der interessantesten Materialien. Es ist gießbar, aber seiner bedeutenden Zähflüssigkeit wegen muß zu guter Ausfüllung der Form meist noch ein Druck auf die zähe Flüssigkeit ausgeübt werden, so daß Gießen und Pressen oft unmittelbar hintereinander zur Wirkung kommen.

Der Übergang aus dem weißglühenden flüssigen Zustand in den gelb- und den rotglühenden bildsamen Zustand erfolgt durch Auskühlen sehr rasch. In diesen Zuständen ist das Glas sehr zähe und läßt sich blasen und ziehen. Das Glasblasen erfolgt gewöhnlich in der Weise, daß man mit der Glasbläserpfeife (einem eisernen mit Holzgriff teilweise umhüllten Rohre) in den geschmolzenen Glassatz einfährt, durch Drehung der Pfeife an ihrer Spitze geschmolzenes Glas aufnimmt und hierauf Luft einbläst. Durch Drehen der Pfeife, Schwingen derselben und Anwendung mannigfacher formgebender Werkzeuge gestaltet der Glasbläser seine Erzeugnisse. Kleine Gegenstände lassen sich aus Glasröhrchen, welche teilweise glühend und dadurch weich gemacht werden, am Blastische herstellen. Öfteres Anwärmen erfolgt im großen im Ofen, im kleinen an der Flamme des Blastisches.

Durch das Ziehen erzeugt man Glasröhren in der Weise, daß der an der Pfeife hängende Glasklumpen zuerst in längliche Hohlform geblasen wird;

am Ende (Boden) klebt man einen in Glassatz getauchten Stab an, welchen ein zweiter Arbeiter handhabt und hierauf entfernen sich beide voneinander und ziehen die Hohlform zum Rohre. In ähnlicher Weise werden massive Glasstäbe hergestellt.

Geschmolzener Zucker wird bei beginnender Abkühlung ebenfalls bildsam und gestattet die Anwendung von Pressen, Walzen u. dgl.[1])

Wendet man auf spröde Materialien in gewöhnlicher Weise den Hammer an, so erzielt man einen Bruch. Der innere Vorgang hat aber auch hier Ähnlichkeit mit dem bei bildsamem Material Besprochenen; aber während dort der unter der Hammerbahn sich aufbauende Materialkegel den Fluß des benachbarten Materials bedingt, führt er bei dem spröden Material zum Bersten desselben. Schlägt man oder drückt man Kugeln spröden, körnigen Materials (z. B. Gußeisen-, Zement-, Sandsteinkugeln). zwischen parallelen Platten, so entsteht an der Schlag- oder Druckstelle eine geringe Abplattung, auf welcher sich ein Materialkegel aufbaut, der durch Keilwirkung das Bersten bedingt. Ist die Wucht des Schlages so gewählt, daß eben der Bruch beginnt, so wird (falls der Bruch nicht nach einem Mittelschnitt erfolgt, was selten geschieht) ein Stück 1 (Abb. 19)

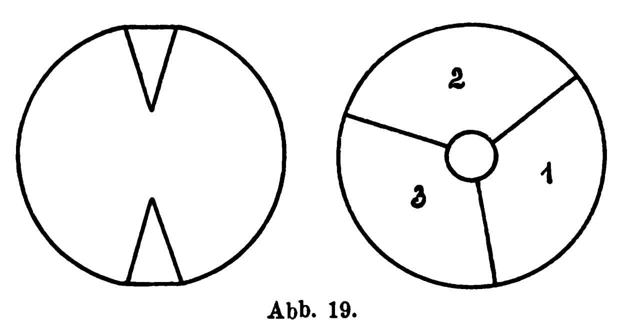


Abb. 19.

zunächst ausgetrieben und als sekundäre Erscheinung erfolgt nahezu gleichzeitig der Bruch nach 2 und 3. Zylindrische Stücke spröden, körnigen Materials gepreßt, weisen in den Bruchstücken häufig sehr deutlich die beiden Kegel auf und ausgesprengte meist unregelmäßige Stücke des übrigen Materials.

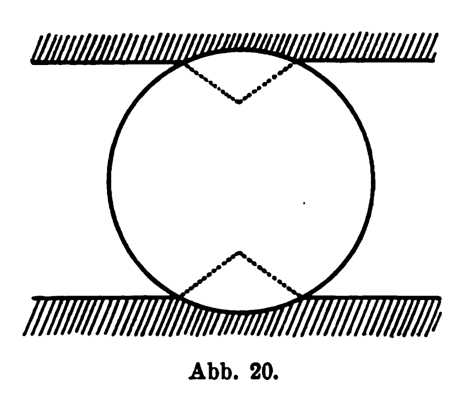


Abb. 20.

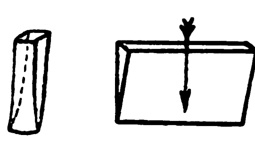
Wird eine Kugel spröden Materials zwischen Platten zerdrückt, in welche entsprechende Grübchen eingearbeitet sind, oder kann sie sich solche Grübchen selbst eindrücken, so bauen sich größere Kegel auf und die Kugel kommt erst bei viel bedeutenderer Pressung zum Bruche (Abb. 20). Daher sollen die zum Zer-

[1]) Siehe Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterbuch, 3. Auflage, Band III, Artikel Glas, und Band II, Artikel Kanditen.

schlagen harter Steine (z. B. Basalt) angewendeten Hämmer kleine starkgekrümmte Bahnen haben, damit die als Keile wirkenden Materialkegel möglichst klein und spitzwinklig werden.

Die spaltbaren Materialien.

Von der Spaltbarkeit wird zum Zwecke der Formgebung selten allein Gebrauch gemacht; meist wird diese Materialeigenschaft nur zur Herstellung roher Formen angewendet, insbesondere wendet man die Spaltbarkeit bei gewissen Teilungsarbeiten mit Vorteil an, indem keilförmige Werkzeuge in jener Richtung, in welcher die Spaltbarkeit vorhanden ist, rasch und leicht die Teilung bewirken. Holz ist in der Richtung der Fasern spaltbar; viele Steine, insbesondere Schiefer, sind spaltbar nach den Lagerungsschichten. Leder ist spaltbar parallel zur Außenfläche. Die zum Spalten verwendeten Werkzeuge sind durchweg keilförmig, je nach dem Material teils Meißel (Schiefer), Keile, Äxte (Holz), teils Messer (Leder) und werden stets in der Richtung senkrecht zur Schneide in Wirkung gesetzt (Abb. 21).


Abb. 21.

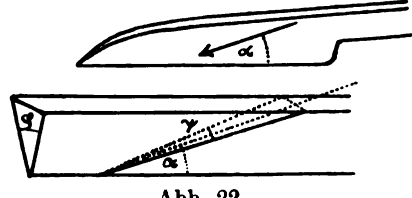
Diese Schneidewirkung heißt bei Messern gedrückter Schnitt; die Spaltfuge eilt der Schneide vor.

Sehr interessant ist das Spalten von Gneis, Granit u. dgl. Auf den zu spaltenden Steinblock werden mehrere Meißel nach einer geraden Linie aufgesetzt und durch leichte Hammerschläge einzutreiben gesucht. Das Steinmaterial unter den Meißelschneiden zertrümmert bald so weit, daß die Meißel je in der gebildeten kleinen Furche stehen. Es werden nun auf die nach einer geraden Linie, womöglich nach der Schichtung aufgestellten Meißel der Reihe nach mäßige Schläge gegeben, plötzlich findet dann das Spalten des Steines statt.

Feinzellige, schneidbare Materialien.

Hierunter seien jene pflanzlichen und tierischen, weder bildsamen noch spröden Materialien verstanden, welche aus polyedrischen Zellen bestehend, nur mit Zuhilfenahme messerartiger Werkzeuge eine Teilung oder Formgebung gestatten und dies insbesondere durch Anwendung des gezogenen Schnittes. Unter gezogenem Schnitte ist jener zu verstehen, bei welchem die Bewegung des Messers unter einem zur Schneide spitzen Winkel α erfolgt (Abb. 22). Statt des Zuschärfungswinkels φ ist der weit kleinere ψ wirksam.

$$\operatorname{tg}\frac{\psi}{2} = \sin\alpha \operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}.$$


Abb. 22.

Ein Material wie Kork mit seinen zähen, polyedrischen (parenchymatischen) Zellen ist nur durch gezogenen Schnitt entsprechend zu bearbeiten.

Sämtliche Korkbearbeitungsmaschinen wenden diesen Schnitt an, meist in der Weise, daß dem geradlinig in der Richtung der Schneide bewegten Messer der Kork entsprechend zugeführt wird.

Auch das Fleisch und ähnliche organisierte Materialien erheischen gezogenen Schnitt oder machen ihn doch empfehlenswert. Ein schönes Beispiel dieses Schnittes bildet das Mähen mit Sense und Sichel. Die Schneide dieser Werkzeuge bewegt sich fast tangential zum Querschnitte des Halmes und dabei mit großer Geschwindigkeit. Der Winkel α wird sehr klein, daher auch ψ und der Halm reagiert durch sein Beharrungsvermögen. Durch das Zusammenwirken dieser Momente wird allein die Schneidewirkung erklärlich.

Das Gesetz vom Gebrauchswechsel.

Die Entwicklung der Werkzeuge beruht größtenteils auf dem von Hartig erkannten Gesetze vom Gebrauchwechsel, nach welchem der Mensch jedes Werkzeug (überhaupt jedes neue Mittel) instinktiv versuchsweise zu verschiedenem Gebrauche verwendet, hierbei Erfahrungen erntet und dieselben benutzend die Anpassung, beziehungsweise Umformung des Werkzeuges für den besonderen Zweck vornimmt.

So entstanden aus den Grundwerkzeugen: Hammer, Axt, Meißel und Messer nicht nur die zahlreichen Varianten dieser Werkzeuge, welche noch diese Namen führen, sondern auch zahlreiche andere abgeleitete Werkzeuge: Texel, Hobel, Stemmeisen, Bohrer u. a. Manche Werkzeugform bleibt so lange überraschend, unmotiviert, als nicht aus der durch das Gesetz des Gebrauchswechsels bedingten Umformung die Erklärung sich ergibt. Einige Beispiele mögen dies klarlegen.

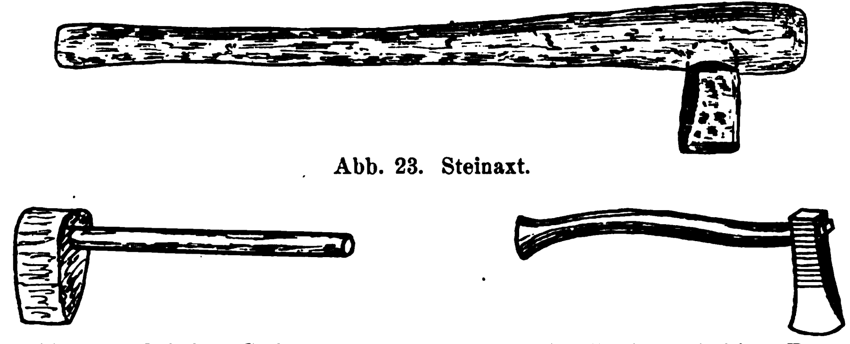


Abb. 23. Steinaxt.

Abb. 24. Gebohrte Steinaxt.

Abb. 25. Axt primitiver Form.

Aus der Urform der Axt (Abb. 23), welche eigentlich nur ein mit Stiel armierter Steinmeißel gewesen, entstand schon die gebohrte Steinaxt (Abb. 24) — (das Ausbohren der Löcher geschah durch Ausschleifen mittels Schleifsand und unter Anwendung eines röhrenförmigen Bohrers) —, aus dieser ging nach Einführung des Eisens und Stahles die Axt nach Abb. 25

hervor. Mit der Axt lassen sich Bäume fällen und es ist möglich, dieselben vierkantig zu behauen, wenn auch nur roh. Hierbei legt man den Baum auf Böcke, macht etwa von Meter zu Meter Einhiebe (sogenannte Stiche) (Abb. 26) und sprengt hierauf mit der Axt das zwischen den Stichen befindliche Holz ab, wodurch zunächst eine Seitenfläche an dem rohen Holze gebildet ist (Abb. 27). Die übrigen drei Seiten lassen sich in gleicher Weise

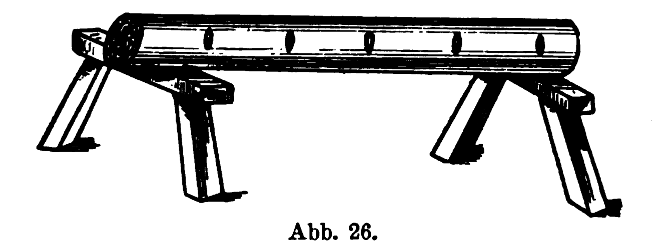


Abb. 26.

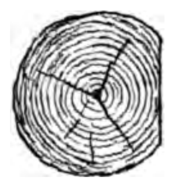
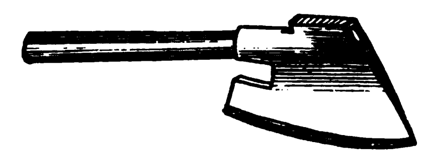


Abb. 27.

herstellen. Der Wunsch lag nun nahe, diese Seitenflächen auch rein und sauber herzustellen, doch dazu war die Axt nicht geeignet, sie mußte vielmehr dem besonderen Bedarfe angepaßt werden und daraus entstand das Breitbeil (Abb. 28), welches eine bedeutend längere, einseitig zugeschliffene Schneide aufweist und deren Haube (der Teil, welcher den Stiel aufnimmt) schräggestellt ist, damit die Hände des Arbeiters beim Behauen der Seitenflächen am Baume vorbei können, sich nicht an demselben beschädigen.



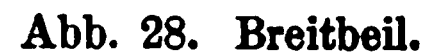


Abb. 28. Breitbeil.

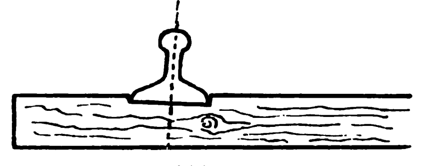


Abb. 29.

Das Breitbeil ist für den speziellen Gebrauch sehr geschickt, sein Gebrauchskreis aber im Verhältnisse zur Axt sehr eingeengt.

Mit einer Axt einen Balken, welcher horizontal versetzt ist, an der oberen Fläche zu bearbeiten, z. B. in einer Eisenbahnschwelle jene Vertiefung auszuarbeiten, in welcher der Schienenfuß seinen Sitz erlangen soll (Abb. 29), gelingt nur höchst unvollkommen und schwierig. Ebensowenig vermöchte man ein Halbholz mit der Axt rinnenförmig auszuhöhlen (Abb. 30), wie das am Lande bei Herstellung hölzerner Dachrinnen verlangt wird. Für diese Arbeiten muß die Axt so abgeändert werden, wie Abb. 31 zeigt

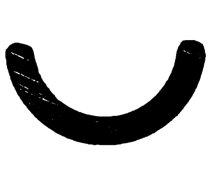


Abb. 30.

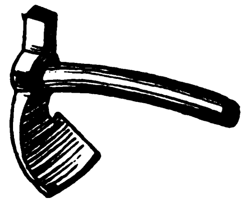


Abb. 31. Texel.

aus der Axt wird das Texel. Im ersteren Falle verwendet man ein Texel mit gerader Schneide, im zweiten ein Texel mit krummer Schneide. Durch die spezielle Anpassung ist der Umfang der Verwendung eingeschränkt.

Will man in einem Balken mit der Axt ein Zapfenloch (Abb. 32) ausarbeiten, so gehört dazu nicht nur außerordentliche Geschicklichkeit, sondern es wird die Arbeit auch nie rein ausfallen. Hingegen kann dies bei hinreichender Übung mit der Stoßaxt (Abb. 33) gelingen, welche stets ohne Stiel, zweihändig und stoßend verwendet wird, die rechte Hand faßt die Haube, die linke das Blatt.

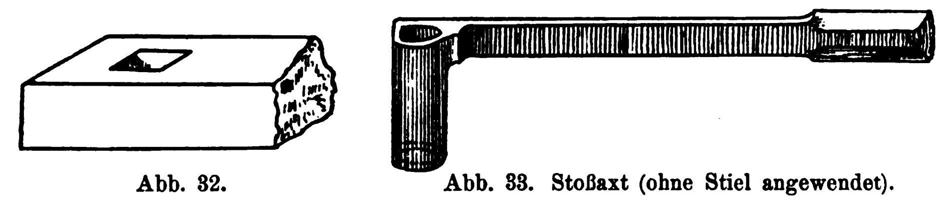


Abb. 32. Abb. 33. Stoßaxt (ohne Stiel angewendet).

Indem man für denselben Zweck das weit bequemer zum Ziele führende Beitel (Abb. 34) besitzt, erscheint die Stoßaxt so lange als rätselhaftes Gebilde, bis man in seiner Ableitung die Erklärung für diese Erfindung findet.

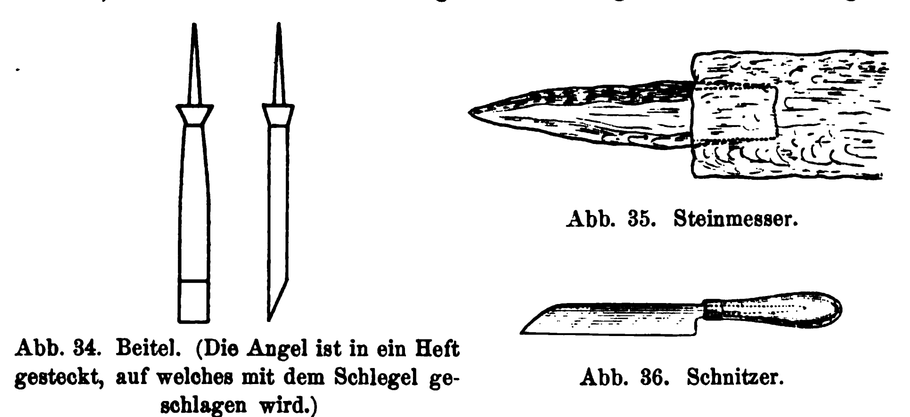


Abb. 34. Beitel. (Die Angel ist in ein Heft gesteckt, auf welches mit dem Schlegel geschlagen wird.)

Abb. 35. Steinmesser.

Abb. 36. Schnitzer.

In ganz ähnlicher Weise kann man aus dem Steinmesser (Abb. 35) den Schnitzer (Abb. 36), aus diesem ein Messer mit zwei Griffen, eingerichtet für besseres Spalten und Beschneiden von dünnem Rundholz ableiten (Abb. 37), aus diesem bildet sich das Reifmesser (Abb. 38), welches je nach dem speziellen Zwecke, entweder mit gerader Schneide (ebenem Blatte) oder mit

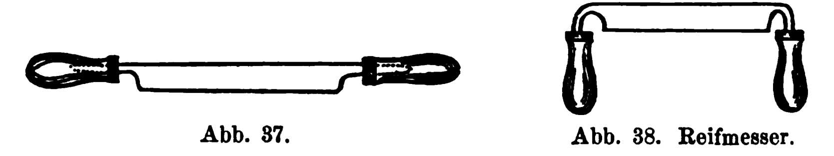


Abb. 37. Abb. 38. Reifmesser.

gekrümmter Schneide (gebogenem Blatte) (Abb. 39) ausgeführt wird. Auch das Wiegemesser (Abb. 40) leitet sich durch entsprechende Umformung

ab und dient mit seiner konvexen Schneide besonderen Verkleinerungszwecken usw.




Abb. 39.

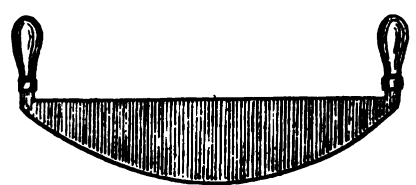
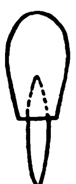


Abb. 40. Wiegemesser.

Aus dem in Holz- oder Hirschhorngriff gefaßten Steinkeil (Abb. 41), welcher zweifelsohne besonders zu Zwecken der Enthäutung erlegter Tiere



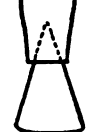


Abb. 41. Steinkeil in Fassung.

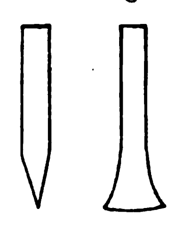


Abb. 42. Bankmeißel.

diente, lassen sich ähnlich geformte und auch ähnlich verwendete Werkzeuge der Fleischer und Gerber ableiten, aber auch all die vielen Meißelformen (Abb. 42) und die Formen der Stemmeisen und Stechzeuge zur Holzbearbeitung, von welchen Abb. 43 bis 45 Beispiele zeigen.

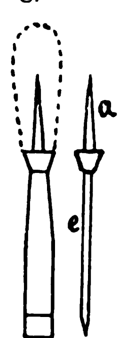




Abb. 43. Deutsches Stemmeisen (beiderseits zugeschliffen).

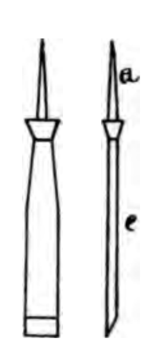


Abb. 44. Englisches Stemmeisen (einseitiger Zuschliff).

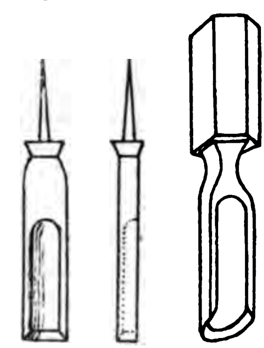


Abb. 45. Hohleisen.

Aus der Säge der Steinzeit (Abb. 46) leitet sich die Gratsäge (Abb. 47) ab. Viel freiere Werkzeugformen ermöglichte der Stahl und so konnte die

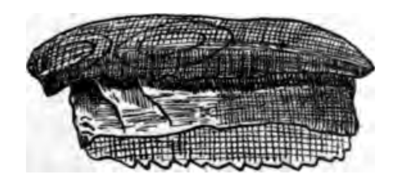


Abb. 46. Steinsäge.

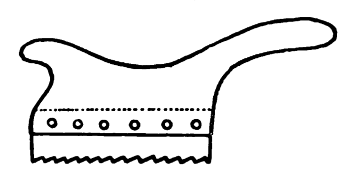


Abb. 47. Gratsäge.

Lochsäge (Abb. 48), der Fuchsschwanz (Abb. 49), die japanische Säge (Abb. 50), die Zapfensäge (Abb. 51), die Quersäge (Abb. 52), die Oertersäge (Abb. 53) entstehen.



Abb. 48. Lochsäge oder Räubersäge. (An der verzahnten Kante ist das Blatt dicker als am Rücken, Zähne nicht geschränkt.)

Abb. 49. Fuchsschwanzsäge. (Meist mit breiterem, am Rücken durch Rippe verstärktem Blatte.)

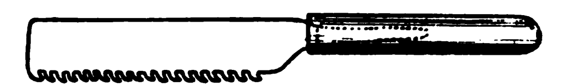


Abb. 50. Japanische Säge. (Zähne stehen auf Zug.)

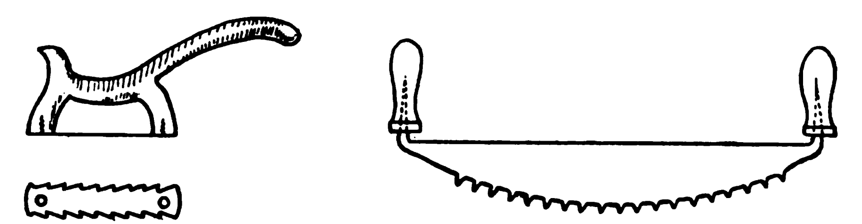


Abb. 51. Zapfensäge.

Abb. 52. Quer- oder Bauchsäge.

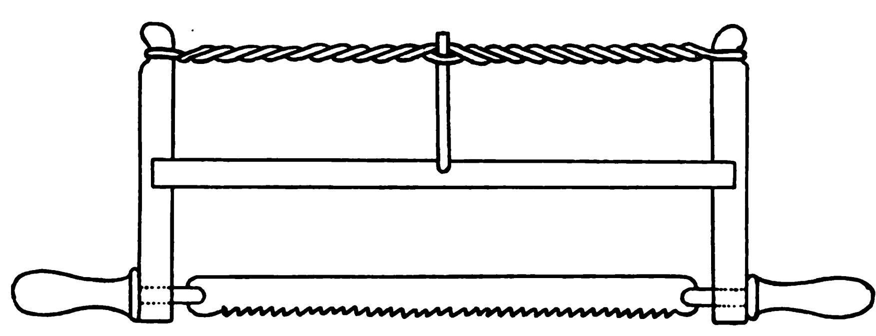


Abb. 53. Oertersäge.

Die Menschen passen auch die Werkzeugformen ihrer individuellen Eigenschaft an. Die Japaner und Chinesen arbeiten mit Säge und Hobel zu sich, statt von sich, weil hierbei wesentlich leichter die Werkzeugführung erzielt wird. Die dem Fuchsschwanz ähnliche japanische Säge weist die Zähne auf den Zug gestellt und von anderer Form.

Die gangbarsten Werkzeugformen entsprechen oft schlecht einem speziellen Bedarfe. Hätte man z. B. öfter über eine Holzfläche vorstehende Zapfen zu entfernen, so genügt die gewöhnliche Säge schlecht, man greift zu der hierfür speziell hergestellten Zapfensäge, deren quergelegtes Blatt mit seitlichen, auf Zug stehenden Zähnen versehen ist. Der Anwendungskreis ist aber dadurch sehr beschränkt.

Arbeitsverbrauch bei mechanischen Formänderungen.

Als Fundamentalgesetz des Arbeitsverbrauches gilt das „Gesetz der proportionalen Widerstände“,[1] lautend: „Die Arbeitsgrößen, welche zu übereinstimmender Formänderung geometrisch ähnlicher und materiell gleicher Körper erfordert werden, verhalten sich wie die Volumen oder Gewichte dieser Körper.“ Unter übereinstimmender Formänderung ist jene verstanden, welche von geometrisch ähnlicher Anfangsform bei gleichartiger Einwirkung zu geometrisch ähnlicher Endform führt. Unerläßliche Bedingung ist gleiche Beschaffenheit des Materials; dieses muß nicht nur in chemischer, sondern auch in mechanischer Beziehung völlig gleich sein. Ein Stahldraht ist z. B. mechanisch von anderem Verhalten als der Stahlstab, aus welchem er gewalzt oder gezogen wurde; Glas im kalten Zustande verhält sich wesentlich anders als im glühenden: Ton mit 10% Wasser ist brüchig, mit 20% Wasser knetbar usw.

Eine weitere Bedingung ist die Anwendung von annäherungsweise gleichen Geschwindigkeiten, so daß also das genannte Gesetz der Proportionalität der Widerstandsarbeiten nur Geltung hat bei geometrisch ähnlichen Materialien derselben materiellen Beschaffenheit, bei Anwendung ganz analoger Formveränderung und annähernd gleicher Geschwindigkeit.

Es läßt sich das Gesetz der proportionalen Widerstände mathematisch auch durch die Gleichung: $A_1 : A_2 = V_1 : V_2$ oder $A_1 : A_2 = G_1 : G_2$ ausdrücken, wobei A_1 und A_2 Arbeitsgrößen und V und G Volumen, respektive Gewichte bedeuten. Vorausgesetzt, daß die Vergleichungskörper geometrisch ähnlich sind, läßt sich statt des Verhältnisses $V_1 : V_2$ das Verhältnis aus den dritten Potenzen der analogen linearen Abmessungen setzen. Nennen wir dasselbe a, so läßt sich auch schreiben $A_1 : A_2 = 1 : a^3$.

$$\text{I.} \ldots\ldots A_1 : A_2 = V_1 : V_2 = G_1 : G_2 = 1 : a^3.$$

Es lassen sich aus diesem Gesetze eine Reihe praktischer Folgerungen ziehen. Denkt man sich z. B. geometrisch ähnliche Zylinder aus Kupfer zwischen zwei parallelen Platten zusammengedrückt, so werden dieselben eine tonnenförmige Form annehmen. Würde diese Formänderung durch ein Fallwerk hervorgerufen, so ist die verwendete Arbeitsgröße gegeben durch das Produkt aus dem Gewichte des Fallklotzes (abzüglich der Reibung) und der Fallhöhe desselben; es kann daher die angegebene Form des Gesetzes bequem zum Aufschlusse verwendet werden, welche Schlagarbeit zur gleichen Formänderung eines geometrisch ähnlichen Zylinders desselben Materials erforderlich wäre. Wenn jedoch diese Formveränderung unter einer hydraulischen Presse erfolgt, so ist die zur Verwendung kommende Arbeit nicht unmittelbar gegeben, sondern man muß erst die für die einzelnen Stadien

[1] Siehe Kick: Das Gesetz der proportionalen Widerstände und seine Anwendungen. Leipzig, Artur Felix, 1885. Diese Schrift gewährt einen Einblick in die bei Festigkeitsuntersuchungen auftretenden Nebenumstände und hierdurch bedingte Beeinflussung der Resultate.

weicher als der später austretende, weil das Wasser nicht genügend in der Masse festgehalten ist und namentlich bei sehr langsamer Arbeit Zeit findet, in den unteren Teilen der Masse sich anzureichern. — Ein zweites Beispiel sei folgendes: Ein Kupferzylinder werde zwischen parallelen Platten zusammengedrückt und es stelle die Linie AM in Abb. 18 die Kurve der erforderlichen Pressungen in der Weise dar, daß die Abszissen proportional den Zusammendrückungen, die Ordinaten proportional den Pressungen sind; die Fläche AMX ist dann proportional der zur Formänderung geleisteten Druckarbeit. Bei der Pressung P wurde der Zylinder nur um $Aa_1 = z$ zusammengedrückt. Glüht man den um z zusammengedrückten Zylinder aus, läßt man ihn erkalten und belastet man ihn wieder durch P, so nimmt seine Höhe neuerlich ab, und zwar um $a_1 a_2$, bei abermaligem Ausglühen um $a_2 a_3$ usw. ($Aa_1 > a_1 a_2 > a_2 a_3 \ldots$). Daraus läßt sich folgern, daß durch Formänderung in dieses Material Spannungen eintreten, welche es widerstandsfähiger machen. Beseitigt man diese Spannungen durch Ausglühen, also durch möglichste Zurückführung zur ursprünglichen Beschaffenheit, so läßt sich die Formänderung bei denselben Pressungen wesentlich weitertreiben. Also auch in diesem Falle wird das Material (hier Kupfer) durch die Bearbeitung in seinen Eigenschaften verändert.

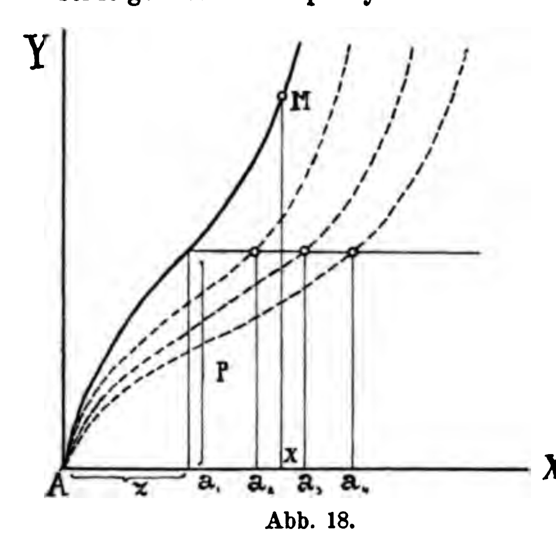


Abb. 18.

Diese Beispiele lassen erkennen, daß bei den verschiedenen Materialien besondere Umstände die Klarstellung der Widerstands-, beziehungsweise Formänderungsgesetze ganz außerordentlich erschweren und hierin liegt der Grund, warum sich die mechanische Technologie in den meisten Fällen noch mit empirischen, für die spezielle Formänderung bei speziellem Material ermittelten Tatsachen begnügen muß.

Die Zusammendrückung eines Kreiszylinders zwischen parallelen Platten ist gewiß eine einfache Formänderung und doch gelang es nicht, das Gesetz der Kurve AM zu finden, weder für Kupfer noch für Stahl, Eisen oder Blei, so ähnlich bezüglich des Wendepunktes auch der Verlauf bei diesen Materialien ist. Die Kurve ist das Bild des Zusammenwirkens verschiedener Einflüsse, welche derzeit noch unzerlegt geblieben sind.

Von den spröden Materialien.

Diese Materialien lassen eine Verschiebung ihrer Massenteilchen durch die gewöhnlichen mechanischen Mittel bei gewohnter Art ihrer Benützung

— Hammer, Presse, Walzen usw. — ohne Bruch nicht zu; hingegen kann man ihre Form durch die Operation des Schleifens, d. i. durch Abtrennung zahlreicher kleiner Teilchen mittels der scharfen Körner der Schleifmittel abändern. Alle spröden Materialien sind schleifbar, hingegen weder hämmerbar noch walzbar.

So wie es Unterschiede in dem Grade der Bildsamkeit gibt, so gibt es auch Unterschiede in dem Grade der Sprödigkeit. Gußeisen ist spröde, aber nicht so sehr als Marmor und gewahrt man dies insbesondere an der Beschaffenheit der Späne, welche mittels Stahlwerkzeugen von diesen spröden Materialien geringer Härte abgetrennt werden können. Die Späne des Gußeisens sind weit zusammenhängender als die Späne des Marmors, letztere sind teils kleine körnig-unregelmäßige Splitter, teils Pulver. Manche spröde Materialien, z. B. Bein, Elfenbein, Geweihe lassen sich durch längeres Einlegen in Wasser besser bearbeitbar (minder spröde) machen; andere können durch Erwärmung auf bestimmte Temperaturen, teils minder spröde gemacht werden (Horn, Schildpatt, Bernstein), teils lassen sie sich völlig in den bildsamen Zustand überführen. (Guttapercha bei 70° C, Glas in der Gelbglut, Zucker nach dem Übergange aus dem geschmolzenen Zustande in den festen usw.) Auch durch allseitigen hinreichenden Druck können manche spröde Materialien mehr oder weniger bildsam werden. (Hiervon später.)

Für die Zwecke rationeller Bearbeitung wird man häufig trachten, spröde Materialien in den bildsamen Zustand zu versetzen; bei Glas z. B. finden die meisten Formgebungen im hellglühenden, bildsamen Zustande statt, während das Schleifen meistens nur zu Vollendungsarbeiten Anwendung findet.

Das Glas ist in seinen Arbeitseigenschaften eines der interessantesten Materialien. Es ist gießbar, aber seiner bedeutenden Zähflüssigkeit wegen muß zu guter Ausfüllung der Form meist noch ein Druck auf die zähe Flüssigkeit ausgeübt werden, so daß Gießen und Pressen oft unmittelbar hintereinander zur Wirkung kommen.

Der Übergang aus dem weißglühenden flüssigen Zustand in den gelb- und den rotglühenden bildsamen Zustand erfolgt durch Auskühlen sehr rasch. In diesen Zuständen ist das Glas sehr zähe und läßt sich blasen und ziehen. Das Glasblasen erfolgt gewöhnlich in der Weise, daß man mit der Glasbläserpfeife (einem eisernen mit Holzgriff teilweise umhüllten Rohre) in den geschmolzenen Glassatz einfährt, durch Drehung der Pfeife an ihrer Spitze geschmolzenes Glas aufnimmt und hierauf Luft einbläst. Durch Drehen der Pfeife, Schwingen derselben und Anwendung mannigfacher formgebender Werkzeuge gestaltet der Glasbläser seine Erzeugnisse. Kleine Gegenstände lassen sich aus Glasröhrchen, welche teilweise glühend und dadurch weich gemacht werden, am Blastische herstellen. Öfteres Anwärmen erfolgt im großen im Ofen, im kleinen an der Flamme des Blastisches.

Durch das Ziehen erzeugt man Glasröhren in der Weise, daß der an der Pfeife hängende Glasklumpen zuerst in längliche Hohlform geblasen wird;

am Ende (Boden) klebt man einen in Glassatz getauchten Stab an, welchen ein zweiter Arbeiter handhabt und hierauf entfernen sich beide voneinander und ziehen die Hohlform zum Rohre. In ähnlicher Weise werden massive Glasstäbe hergestellt.

Geschmolzener Zucker wird bei beginnender Abkühlung ebenfalls bildsam und gestattet die Anwendung von Pressen, Walzen u. dgl.[1])

Wendet man auf spröde Materialien in gewöhnlicher Weise den Hammer an, so erzielt man einen Bruch. Der innere Vorgang hat aber auch hier Ähnlichkeit mit dem bei bildsamem Material Besprochenen; aber während dort der unter der Hammerbahn sich aufbauende Materialkegel den Fluß des benachbarten Materials bedingt, führt er bei dem spröden Material zum Bersten desselben. Schlägt man oder drückt man Kugeln spröden, körnigen Materials (z. B. Gußeisen-, Zement-, Sandsteinkugeln). zwischen parallelen Platten, so entsteht an der Schlag- oder Druckstelle eine geringe Abplattung, auf welcher sich ein Materialkegel aufbaut, der durch Keilwirkung das Bersten bedingt. Ist die Wucht des Schlages so gewählt, daß eben der Bruch beginnt, so wird (falls der Bruch nicht nach einem Mittelschnitt erfolgt, was selten geschieht) ein Stück 1 (Abb. 19)

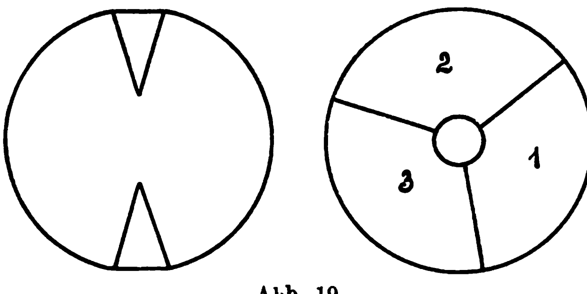


Abb. 19.

zunächst ausgetrieben und als sekundäre Erscheinung erfolgt nahezu gleichzeitig der Bruch nach 2 und 3. Zylindrische Stücke spröden, körnigen Materials gepreßt, weisen in den Bruchstücken häufig sehr deutlich die beiden Kegel auf und ausgesprengte meist unregelmäßige Stücke des übrigen Materials.

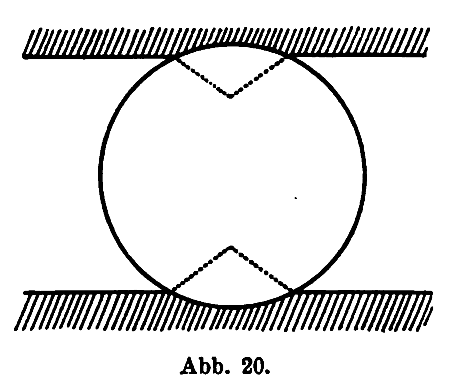


Abb. 20.

Wird eine Kugel spröden Materials zwischen Platten zerdrückt, in welche entsprechende Grübchen eingearbeitet sind, oder kann sie sich solche Grübchen selbst eindrücken, so bauen sich größere Kegel auf und die Kugel kommt erst bei viel bedeutenderer Pressung zum Bruche (Abb. 20). Daher sollen die zum Zer-

[1]) Siehe Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterbuch, 3. Auflage, Band III, Artikel Glas, und Band II, Artikel Kanditen.

schlagen harter Steine (z. B. Basalt) angewendeten Hämmer kleine starkgekrümmte Bahnen haben, damit die als Keile wirkenden Materialkegel möglichst klein und spitzwinklig werden.

Die spaltbaren Materialien.

Von der Spaltbarkeit wird zum Zwecke der Formgebung selten allein Gebrauch gemacht; meist wird diese Materialeigenschaft nur zur Herstellung roher Formen angewendet, insbesondere wendet man die Spaltbarkeit bei gewissen Teilungsarbeiten mit Vorteil an, indem keilförmige Werkzeuge in jener Richtung, in welcher die Spaltbarkeit vorhanden ist, rasch und leicht die Teilung bewirken. Holz ist in der Richtung der Fasern spaltbar; viele Steine, insbesondere Schiefer, sind spaltbar nach den Lagerungsschichten. Leder ist spaltbar parallel zur Außenfläche. Die zum Spalten verwendeten Werkzeuge sind durchweg keilförmig, je nach dem Material teils Meißel (Schiefer), Keile, Äxte (Holz), teils Messer (Leder) und werden stets in der Richtung senkrecht zur Schneide in Wirkung gesetzt (Abb. 21).

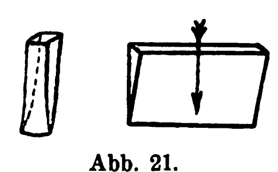


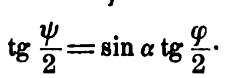
Abb. 21.

Diese Schneidewirkung heißt bei Messern gedrückter Schnitt; die Spaltfuge eilt der Schneide vor.

Sehr interessant ist das Spalten von Gneis, Granit u. dgl. Auf den zu spaltenden Steinblock werden mehrere Meißel nach einer geraden Linie aufgesetzt und durch leichte Hammerschläge einzutreiben gesucht. Das Steinmaterial unter den Meißelschneiden zertrümmert bald so weit, daß die Meißel je in der gebildeten kleinen Furche stehen. Es werden nun auf die nach einer geraden Linie, womöglich nach der Schichtung aufgestellten Meißel der Reihe nach mäßige Schläge gegeben, plötzlich findet dann das Spalten des Steines statt.

Feinzellige, schneidbare Materialien.

Hierunter seien jene pflanzlichen und tierischen, weder bildsamen noch spröden Materialien verstanden, welche aus polyedrischen Zellen bestehend, nur mit Zuhilfenahme messerartiger Werkzeuge eine Teilung oder Formgebung gestatten und dies insbesondere durch Anwendung des gezogenen Schnittes. Unter gezogenem Schnitte ist jener zu verstehen, bei welchem die Bewegung des Messers unter einem zur Schneide spitzen Winkel α erfolgt (Abb. 22). Statt des Zuschärfungswinkels φ ist der weit kleinere ψ wirksam.



$$\operatorname{tg}\frac{\psi}{2} = \sin\alpha \operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}.$$

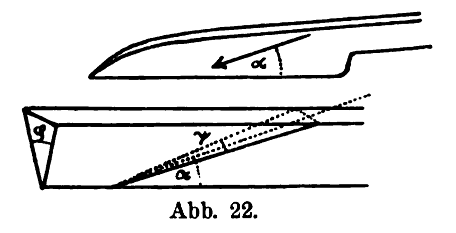


Abb. 22.

Ein Material wie Kork mit seinen zähen, polyedrischen (parenchymatischen) Zellen ist nur durch gezogenen Schnitt entsprechend zu bearbeiten.

Die Breite des Bleches (ab) ist also auf P_1 nicht von Einfluß, wohl aber der Winkel φ.

Die Gleichung II $P_1 : P_2 = 1 : a^2$ wird sich also hier, da Länge und Breite des Bleches auf die Höhe der Pressung keinen wesentlichen Einfluß üben, auf die sehr wesentliche Blechdicke beziehen, und wir erhalten $P_1 : P_2 = \delta_1{}^2 : \delta_2{}^2$; in Worten: Der Schneidwiderstand ist bei gleichem Scherwinkel proportional dem Quadrate der Blechdicke.

Ist z. B. für $\varphi = 5^1/_2{}^0$ für Eisenblech der Wert $P_1 = 100\ kg$, so wird eine Platte desselben Materials bei gleichem φ und 20 mm Dicke ein $P_2 = 100 \times 20^2 = 40.000\ kg$ Schneidwiderstand geben (siehe Näheres in obzitierter Schrift S. 62).

Von bedeutendem und störendem Einflusse ist das Ecken des parallel geführten, oberen Scherbackens; um es zu mindern, muß die Führung eine sehr lange sein. Abb. 60 deutet das Ecken an, welches immer eintritt, wenn die Kräfte P, P ein Kräftepaar bilden, wie dies beim Blechschneiden meist eintritt. Die Kanten kk' des geführten Stückes drücken sich in die Führungen und dies bedingt bedeutende, zusätzliche Widerstände, weit höher als die gewöhnliche Reibung.

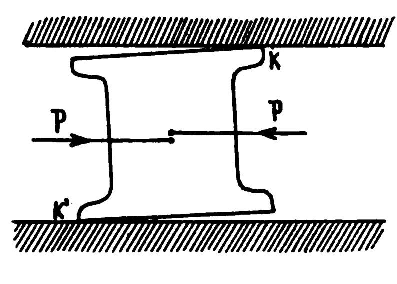


Abb. 60.

Aus dem vorstehenden ist zu ersehen, daß das Gesetz der proportionalen Widerstände manche wertvolle Konsequenzen ziehen läßt. Würden die Arbeitswiderstände der verschiedenen Materialien bei gleicher Formänderung kongruenter Stücke in einem konstanten Verhältnisse stehen, so wäre die Benützbarkeit eine noch weit höhere, dies ist aber leider nicht der Fall.

Diese Tatsache ist so bedeutungsvoll, daß wir ihr zunächst noch begrifflich durch Fassung in andere Satzformen näher treten wollen. — Das Gesetz der proportionalen Widerstände setzt gleiche materielle Beschaffenheit und gleiche Geschwindigkeit der Formänderung voraus und gilt nur dann, wenn diese Bedingungen erfüllt sind. Es drängt sich die Frage von selbst auf, wie sich die verschiedenen Materialien bei derselben Art der Inanspruchnahme verhalten.

Sehen wir zunächst von den spröden Materialien, welche bei gewissen Inanspruchnahmen sich unter gewöhnlichen Verhältnissen wesentlich anders als die bildsamen (oder plastischen) Materialien verhalten, ganz ab; betrachten wir zunächst nur bildsame Körper, ja von diesen nur die schwieriger in ihrer Form abzuändernden, welche sich unter der Benennung hämmerbare Körper zusammenfassen lassen, so zeigen die mit kongruenten Probestücken ausgeführten gleichartigen und zu kongruenten Schlußformen durchgeführten Deformationen kein konstantes Verhältnis der Widerstände, wenn man die verschiedenen Arten der Formänderungen vergleicht. So stehen z. B. die Arbeitswiderstände für eine bestimmte Zusammendrückung gleich-

seitiger Zylinder gleichen Volumens bei nachbenannten Materialien bezogen auf Kupfer im folgenden Verhältnisse:

Material		Für Schlag	Für Druck	Anmerkung
Flußeisen (kalt)		—	3000	Die in Klammer stehenden Zahlen sind nicht direkt aus Druckversuchen abgeleitet, sondern aus den Schlagversuchen geschätzt.
Schmiedeeisen	(kalt)	4000—4500	2000	
	(rotglühend)	600—900	(300—400)	
	(gelbrotglühend)	500	(250)	
Kupfer	(kalt)	1000	1000	
	(rotglühend)	550	(250)	
Messing (kalt)		800—1200	—	
Zinn (kalt)		500	(250)	
Blei (kalt)		70—90	20—50	

Prof. Hugo Fischer fand für die Arbeitsgrößen zum Zerreißen von Drähten, bezogen auf gleiche Gewichte, nachstehende Verhältniszahlen:

Blei	1	Zink	57	Nickel	156
Platin	8	Aluminium	66	Tombak	172
Gold	11	Silber	93	Neusilber	182
Zinn	13	Eisen	98	Messing	218
Stahl	37	Kupfer	120	Phosphorbronze	320

Rechnet man diese Werte nach dem spezifischen Gewichte auf gleiche Volumen um, so wäre die Arbeit für das Zerreißen beim Kupfer und Eisen ziemlich gleich, während für das Zusammendrücken Eisen doppelt bis vierfach widerstandsfähiger als Kupfer ist.

Kupfer hätte für das Zerreißen etwa den zehnfach größeren Arbeitswiderstand als Zinn, gegen Zusammendrückung hingegen den zwei- bis vierfachen. Man sieht also, daß von einem konstanten Verhältnisse der Widerstandsarbeiten keine Rede ist.

Daher ist es auch nicht zulässig, aus der für irgendeine Formänderung eines bestimmten Materials erforderlichen Arbeitsgröße die für die gleiche Formänderung eines andern Materials erforderliche Arbeitsgröße durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor ableiten zu wollen.

Über die Veränderung der Dichte bei Formänderungen.

Viele Materialien sind sehr unstetig mit Materie erfüllt. Die aus einzelnen, teilweise mit Luft erfüllten Zellen bestehenden Materialien: Holz, Leder, Kork u. a. werden sich bedeutend zusammendrücken lassen, weil durch Pressung die Luft teilweise entfernt und die Zellwände einander genähert werden können.

Andere Materialien können Gemenge verschiedener Stoffe sein, so z. B. besteht das Schweißeisen nicht nur aus Eisen, sondern auch aus Schlacke,

und in der Weißglühhitze ist ersteres weich, letztere flüssig und durch genügende Pressung oder Schläge kann die flüssige Schlacke ausgepreßt werden.

Wieder andere Materialien, z. B. mit entsprechenden Vorsichten blasenfrei gegossenes Blei oder Zinn füllen den Raum stetig aus. Die Bearbeitung wird sich daher naturgemäß in bezug auf Dichtenänderung je nach dem Material sehr verschieden äußern. Von jenen Materialien, welche den Raum stetig erfüllen oder keine Hohlräume besitzen, kann gesagt werden, daß die Änderung ihrer Dichte durch Bearbeitung nur eine sehr geringe ist, so daß bei diesen Materialien von Konstanz des Volumens mit großer Annäherung gesprochen werden kann. Z. B.:

1. Bleizylinder (hoch 100·3 *mm*, Durchmesser 70·2 *mm* gegossen, abgedreht, besaß bei 20° C ein spezifisches Gewicht von . . . . 11·3546
2. Derselbe gepreßt mit 6000 *kg* besaß ein spezifisches Gewicht von . . . . 11·3557
3. Derselbe gepreßt mit 10.000 *kg* besaß ein spezifisches Gewicht von . . . . 11·3572
4. Derselbe zusammengeschlagen auf $h = 33·6$ *mm* besaß ein spezifisches Gewicht von . . . . 11·3560
5. Ein Segment vom Rande der Scheibe (4) besaß ein spezifisches Gewicht von . . . . 11·3540
6. Stück aus der Mitte der Scheibe (4) hatte ein spezifisches Gewicht von . . . . 11·3590
7. Stück aus der Mitte der Scheibe länger gehämmert hatte ein spezifisches Gewicht von . . . . 11·3653
8. Dichte des Stückes 1 bei 0° C (gerechnet) . . . . . 11·3739.

Mithin konnte die intensivste Bearbeitung nicht eine solche Volumänderung hervorbringen, wie selbe bei der Abkühlung um 20° C erzielt wird. Die Volumänderung, welche die Bearbeitung erzielte, ist allerdings anderer Natur, denn sie ist keine vorübergehende, aber sie betrug im Maximum doch nur $^{11}/_{11354} \doteq {}^{1}/_{1000}$. Ähnliche Versuche wurden bei Kupfer mit einer Volumverminderung von nur $^{1}/_{1266}$ durchgeführt.

Kautschuk (vulkanisierter) ergab bei Druckversuchen eine Volumvermehrung von $^{1}/_{2000}$; bei Zugversuchen, und zwar bei der Dehnung auf die $2^{1}/_{3}$fache Länge, eine Volumvermehrung von nur $^{1}/_{1250}$. Diese Versuche wurden mit entluftetem Kautschuk (derselbe unter Wasser und unter die Glocke der Luftpumpe gebracht) ausgeführt.

Der Kautschuk kann seine Gestalt elastisch sehr bedeutend ändern, sein Volumen nicht. Dies erklärt die Notwendigkeit, bei allen Konstruktionen, wo man Kautschukzylinder oder Ringe als Puffer verwendet, keinen seitlichen, dichten Umschluß anzuwenden, denn es muß annähernd der Querschnitt um so viel zunehmen können als die Höhe abnimmt.

Bei den Formänderungen jener Materialien, welche den Raum stetig erfüllen, kann daher mit großer Annäherung von Konstanz des Volumens gesprochen werden.

Über den Einfluß der Geschwindigkeit.

Der Einfluß der Größe der Geschwindigkeit läßt sich weder für die Art einer Formänderung noch für den zu überwindenden Widerstand durch einen einfachen Satz allgemein angeben. Dieser Einfluß ist mannigfach, sowohl nach der Natur des Materials, als nach dem Grade der Geschwindigkeit.

Insoweit die gleiche Formänderung langsam oder mit mäßigen Geschwindigkeiten (etwa $^1/_{100}$ bis $^1/_{10}$ *m*) erzielt wird, ergibt sich wohl stets ein Mehrbedarf an Arbeit für die raschere Leistung; derselbe ist bei verschiedenen Materialien verschieden, aber nicht bedeutend und scheint seinen Grund in den größeren Beschleunigungen der fließenden Massenteilchen zu haben.

Am auffälligsten äußert sich der Einfluß der Zeit bei Blei und Zinn. Unter derselben Belastung tritt bei Blei, durch mehrere Stunden andauernd, noch Formänderung ein, während bei Eisen, Kupfer, Bronze, Messing und anderen Metallen wenige Sekunden nach aufgegebener Belastung jene Formveränderung erzielt ist, welche der Pressung das Gleichgewicht hält. Bauschinger hat im 20. Hefte seiner „Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium an der technischen Hochschule in München" gezeigt, daß bei langdauernder Einwirkung derselben Belastung die gleiche Formänderung bei Blei mit einem um etwa 10% geringeren Arbeitsaufwande erzielt werden kann, als bei kürzerer Einwirkungszeit, beziehungsweise rascherer Steigerung der Belastungen.

Bei Formänderungen unter Schlagwerken, bei welchen die Geschwindigkeit zwischen den Grenzen von etwa 3 bis 10 *m* schwankt ($v = \sqrt{2gh}$; $h = \frac{1}{2}$ bis 5 *m*), haben Schlagversuche[1]) ergeben, daß die Formänderung dann dieselbe ist, wenn die aufgewendete Schlagarbeit (Produkt aus Hammergewicht mal Fallhöhe) die gleiche ist. Innerhalb dieser beiläufigen Grenzen ist also die Verschiedenheit der Geschwindigkeit von keinem merklichen Einflusse. Die Vergleichungsversuche fanden mit gleichen Probekörpern und gleicher Form der Schlagflächen statt.

Nach dem an früherem Orte Gesagten braucht wohl nicht hervorgehoben zu werden, daß dieselbe Schlagarbeit, bei verschiedener Form der Schlagflächen (Hammer und Amboßbahn), sehr verschiedene Wirkungen hervorbringen kann. Bei sehr großen Geschwindigkeiten (300—500 *m*), wie sie Projektile (Geschosse der Gewehre und Kanonen) besitzen, treten Formänderungserscheinungen von ganz anderer Natur auf, als sie bei geringen Geschwindigkeiten sich zeigen.

---

[1]) Siehe „Das Gesetz der proportionalen Widerstände", S. 55.

Eine dünne, an Schnüren aufgehängte Glasscheibe wird von dem Projektile eines Gewehres durchschossen, ohne daß die Glasscheibe ins Pendeln kommt. Offenbar reicht die außerordentlich kurze Zeit der Einwirkung (bei $v = 300\,m$ und $1\,mm$ Dicke der Scheibe und $20\,mm$ Projektillänge etwa $\frac{1}{15000}$ Sekunde) nicht hin, die Kraftwirkungen im Materiale und dessen Aufhängung fortzupflanzen. Ist die Glasscheibe etwa $5\,mm$ dick, so geht sie in Scherben.

Hängt man eine in einem Eisenreifen gefaßte Scheibe plastischen Tones an langen Schnüren auf und durchschießt man sie zentrisch mit einem $11\,mm$-Geschoß, so bildet sich ein Loch von etwa $80\,mm$ Durchmesser, ohne daß die Scheibe ins Pendeln kommt. (Kleine Schwingungen sind nur Folge der Schwerpunktänderung.) Die überraschende Weitung des Schußkanales ist Folge der nahezu senkrecht gegen die Flugbahn gerichteten Massenbeschleunigung der ausweichenden, weichen Teilchen, nicht Folge der Luftwirkung, wie man sich durch einen vor die Tonscheibe gesetzten, zuerst zu durchschießenden Papierschirm leicht überzeugen kann. Bei diesen hohen Geschwindigkeiten treten also ganz besondere Formänderungserscheinungen auf, Erscheinungen, welche bei mäßiger Geschwindigkeit (10 bis $50\,m$) gar nicht oder wenig merklich auftreten. (Vgl. Abb. 61.)

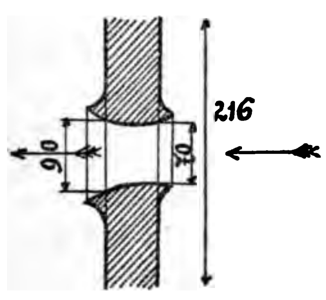


Abb. 61.

Der Einfluß der Geschwindigkeit bedarf noch eines weiteren Studiums.

Für die technische Praxis ist es von besonderem Belange, die Beziehung zwischen Druckarbeit und Schlagarbeit zu kennen, d. h. die Frage zu lösen, welche Arbeitsgröße erforderlich ist zu langsamer, stetiger Formänderung, bei sehr geringer Geschwindigkeit (meist weit unter $^1/_{10}\,m$) und bei Anwendung von Stößen, beziehungsweise von Geschwindigkeiten des Schlagklotzes über $3\,m$. Man kann dies auch die Beziehungen von Druck und Stoß nennen.

Die für eine bestimmte Formänderung bei stetiger, sehr langsamer Umformung verbrauchte Arbeitsgröße wird bei genauen Versuchen meist mittels sogenannter Festigkeitsmaschinen ermittelt. Diese lassen die Bestimmung der auf das Arbeitsstück in jedem Stadium der Formänderung ausgeübten Pressung zu, und indem man die Zusammendrückungen als Abszissen und die Pressungen als Ordinaten (oder umgekehrt) aufträgt, bekommt man durch Verbindung der so gefundenen Punkte eine Fläche begrenzt, welche die Größe der reinen Nutzarbeit (Nettoarbeit) darstellt, das sogenannte Arbeitsdiagramm.

Macht man hingegen den Versuch unter Anwendung von Stößen, so geschieht dies unter einem Schlagwerke und man bestimmt gewöhnlich die aufgewendete Arbeit aus dem Produkte des aktiven Hammergewichtes (Gewicht abzüglich Reibung) und der Hubhöhe, dies ist aber eine Bruttoarbeit, denn in ihr ist auch jene Arbeitsgröße enthalten, welche in Form

von Erschütterungen der Unterlage verloren geht und auch jene, welche unruhiger (wackelnder) Fall in den Führungen bedingt, von anderen Verlusten, als Luftwiderstand, variable Reibung, ganz abgesehen.

Durch diese Bestimmungsmethoden muß daher die Schlagarbeit immer größer als die Nutzarbeit gefunden werden.

Ferner ist durch Versuche festgestellt, daß ein Schlag bestimmten Arbeitsvermögens eine weit ausgiebigere Formänderung hervorruft als mehrere Schläge von zusammengenommen derselben Schlagarbeit. Dies ist sehr wesentlich.

Sicher ist, daß es ein bestimmtes Verhältnis zwischen Druck und Schlagarbeit nicht gibt, schon deshalb nicht, weil sich die verschiedenen Materialien verschieden verhalten und weil sowohl erstere als letztere mit verschiedenen Geschwindigkeiten vor sich gehen kann. Zur beiläufigen Orientierung mögen folgende Druck- und Schlagversuche verglichen werden. Zwei kongruente Kupferzylinder wurden, der eine auf der Festigkeitsmaschine durch Druck, der andere unter einem Schlagwerke guter Konstruktion deformiert. Die Linie *o* 1 2 3 4 5 der nebenstehenden Abb. 62 ist das Graphikon des Druckversuches; die Rechtecke *oabc, cdef* und *fghi* stellen die Arbeitsgrößen dreier Schläge vor, welche eine Höhenänderung des zweiten Versuchsstückes, entsprechend *oc, cf, fi* bewirkten. Die Fläche *o*, 1, 2, 3, 4, 5 *no* ist proportional der Druckarbeit für die gesamte Formänderung; *o*, 1, 2, *x*, *io* der Druckarbeit bis zur Zusammendrückung um *oi*. Die Arbeitsgröße der drei aufgewendeten Schläge oder die Schlagarbeit für dieselbe Zusammendrückung *oi* ist proportional $oabc + cdef + fghi$. Hier verhält sich die Druckarbeit : Schlagarbeit $= 1 : 1{\cdot}5$. (Die genauen Versuchszahlen sind in den Technischen Blättern, Jahrgang 1886, S. 33, veröffentlicht.) — Jedenfalls ist ein Teil der Schlagarbeit, wenn auch nur ein kleiner Teil, durch die Erschütterungen der Unterlage (des Ambosses und der denselben tragenden Konstruktion) verloren gegangen, und gelingt es bei dem gewöhnlichen Schlagwerke nicht, diesen Verlust zu bestimmen. Um denselben zu ermitteln, bedient man sich des ballistischen Schlagwerkes[1]) oder jenes von Amsler.

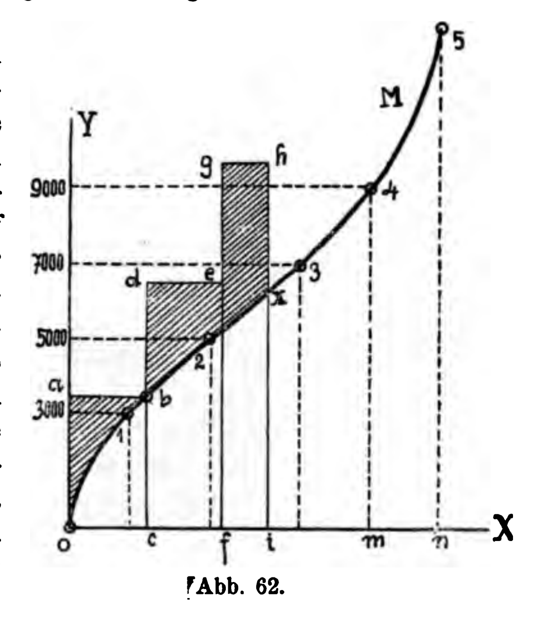


Abb. 62.

Bei dem ballistischen Schlagwerke sind sowohl der Amboß *A* als der Hammer *H* unter ihrer Schwerpunktsachse an je vier Schnüren so auf-

[1]) Die eingehende Beschreibung dieses Apparates und der mit demselben gemachten Versuche finden sich in der Schrift „Das Gesetz der proportionalen Widerstände", S. 101.

gehängt, wie dies die Abb. 63 erkennen läßt. Infolge der Parallelogramm-Aufhängung muß $\alpha\alpha$ auch in der Lage $\alpha'\alpha'$ horizontal, daher die Schlagfläche *mn* stets vertikal bleiben. Befestigt man an *A* das Arbeitsstück *x*, hebt man den Hammer von $\alpha\alpha$ nach $\alpha'\alpha'$ und läßt ihn dann fallen, so erfolgt ein Stoß auf das Arbeitsstück, bei welchem ein Teil der lebendigen Kraft zu pendelnder Bewegung des Ambosses (Hub desselben) verbraucht wird.

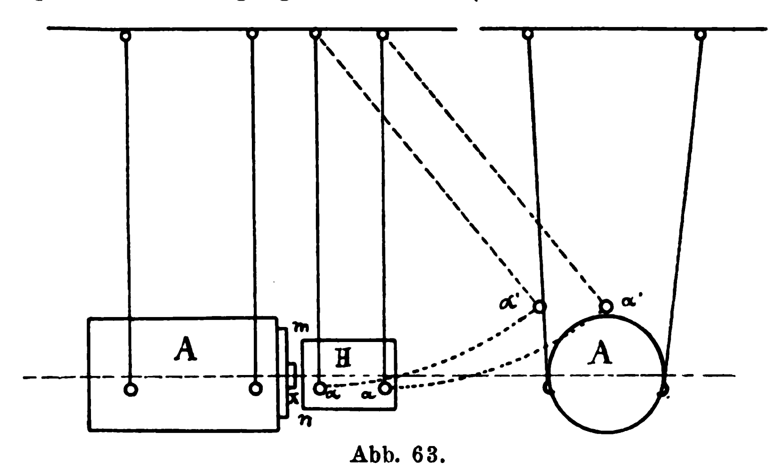


Abb. 63.

Seien G_a und G_h die Gewichte von Amboß und Hammer, H_a und H_h die Hubhöhen derselben, so ist $G_h \,.\, H_h - G_a \,.\, H_a = A_1$, d. i. gleich der zur Formänderung verwendeten Arbeitsgröße.

Die Arbeitsverluste, welche der Luftwiderstand und die Reibung im Gehänge bedingen, sind hierbei allerdings vernachlässigt. Sie betragen etwa 3%. In dieser Weise durchgeführte Versuche mit Kupferzylindern ergaben (bei 8 Schlägen von zusammen 130·91 *mkg* Arbeit, wobei das Amboßgewicht 103·69 *kg*, das Hammergewicht 52·34 *kg* betrug) folgende Hauptresultate. Von der aufgewendeten Arbeit nahm der Amboß 32% auf, 68%, beziehungsweise 65% (bei Abrechnung von Reibungswiderständen u. dgl.) wurden zur Formänderung gebraucht. Für dieselbe Formänderung wurde an der Festigkeitsmaschine 60 *mkg* Arbeit aufgewendet, während bei den Schlägen zirka 89 *mkg* verbraucht wurden; es stellt sich das Verhältnis hier wie 1 : 1·48.

Mehrere Schläge wirken bei gleicher Gesamtarbeit minder günstig als ein Schlag, daher dieses Verhältnis noch nicht das Grenzverhältnis sein kann. Bei nur einem Schlage, dem ersten der Reihe, betrug das Verhältnis 9·0 : 12·19 = 1 : 1·35.

Alle diese Versuche zeigen, daß zu jeder raschen Formänderung mittels Schlägen eine etwas größere Arbeit erforderlich ist, als bei der Formänderung durch Druck, beziehungsweise bei langsamer Einwirkung.

Das ballistische Schlagwerk wurde auch zur Lösung der Frage verwendet, wie groß das Amboßgewicht im Verhältnisse zum Hammergewichte sein müsse, damit durch den Amboß möglichst wenig Arbeit verloren gehe.

Das Ergebnis dieser Versuche war, daß bei der Deformation von Kupfer bereits das Vierfache des Hammergewichtes als Amboßgewicht genügt, und daß die Praxis mit dem Acht- bis Zehnfachen sehr sicher geht (s. Technische Blätter 1886, S. 24).

Über die Zeit der Einwirkung von Stößen.

Die Dauer des Stoßes harter, elastischer Körper, z. B. die Berührungszeit eines gegen einen Amboß schlagenden Hammers, ist außerordentlich gering; sie beträgt nach den Versuchen Rob. Sabines weniger als 0·0001 Sekunde. Aber auch die Stoßdauer bei der Deformation eines kleinen Kupferzylinders im gewöhnlichen oder im ballistischen Schlagwerke beträgt kaum 0·001 Sekunde; sie läßt sich mit einem Stimmgabelchronographen, welcher 0·002 Sekunden ablesen läßt, nicht mehr ermitteln.

Ja, selbst bei sehr bildsamen Materialien ist die Stoßdauer eine kurze; sie betrug z. B. bei der Zusammenpressung eines Tonzylinders von 83·5 *mm* Höhe und 56 *mm* Durchmesser auf 12·5 *mm* Höhe und 145 *mm* Durchmesser mittels des ballistischen Schlagwerkes nur 0·2 Sekunden. (Näheres siehe das Gesetz der proportionalen Widerstände, S. 103 bis S. 107, und Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, 3. Aufl., Artikel Stoß.)

Die im fallenden Hammer aufgespeicherte Arbeitsgröße wird innerhalb kleiner Wege aufgezehrt, und da der Hammer mit bedeutender Geschwindigkeit sich bewegt, z. B. 10 *m*, so ist es nur natürlich, daß bei einer Formänderung von wenigen Millimetern die Zeitdauer der Einwirkung auch nur eine minimale sein kann. Dementsprechend hoch müssen aber auch die Pressungen sein, welche der Hammer auf den getroffenen Gegenstand ausübt und dies erklärt die außerordentlichen Wirkungen dieses einfachen Werkzeuges.

Härte, Zähigkeit, Sprödigkeit.

Härte, Zähigkeit und Sprödigkeit sind allgemein bekannte, aber dennoch nicht scharf definierbare und auch nicht exakt meßbare Eigenschaften der Materialien.

Wir wissen, daß weiche und dabei zähe Körper (Ton, glühendes Glas, Blei usw.) sehr leicht in ihrer Form geändert werden können, daß harte und dabei spröde Materialien (glasharter Stahl, Granit usw.) eher brechen, als eine Verschiebung ihrer Massenteilchen zulassen und daß sie sich weit schwerer bearbeiten lassen, als jene immerhin auch spröden Materialien, Alabaster, Speckstein, Marmor usw., deren Härte eben gering ist.

Was versteht man denn unter Härte? Den Widerstand gegen das Eindringen eines andern, härteren Materials?

Die Mineralogie bestimmt die Härte nur relativ, durch das bekannte Ritzverfahren, sie definiert aber die Härte nicht.

Sucht man einen Körper zu biegen, bricht er jedoch vor Annahme

einer merklichen Biegung, so nennen wir ihn spröde; läßt sich hingegen die Biegung ohne Bruch wiederholt vornehmen, so nennt man einen solchen Körper zähe.

Damit ist aber das Wesen dieser drei, für die technische Praxis ungemein wichtigen Begriffe nicht bestimmt; auch gelang es noch nicht, trotz der vielen hierher gehörigen Vorschläge, dieselben exakt zu messen.

Schon gegen Ende der fünfziger Jahre haben die Engländer Crace Calvert und Rich. Johnson versucht, die Härte ziffermäßig zu messen. Sie drückten einen abgestutzten Kegel (Abb. 64) in das zu untersuchende Material und nahmen an, daß die Härte durch den Druck gemessen werden könne, welcher erforderlich ist, diesen Kegel in 30 Minuten auf 3·5 *mm* Tiefe, von der Endfläche gemessen, in das Probematerial einzupressen.

Abb. 64.

Dieses Verfahren führte zu folgender Reihe:

Roheisen, graues (Staffordshire, kalt geblasen, Nr. 3)	4800	Pfd. engl.
Stahl	4600	„ „
Stabeisen	4550	„ „
Platin	1800	„ „
Kupfer, reines	1445	„ „
Aluminium	1300	„ „
Silber, reines	1000	„ „
Zink	880	„ „
Gold	800	„ „
Kadmium	520	„ „
Wismuth	250	„ „
Zinn	130	„ „
Blei	75	„ „

An diese Tabelle knüpften die genannten Autoren die Bemerkung: „Diese Tafel zeigt eine sonderbare Tatsache, nämlich, daß das Roheisen härter ist als alle anderen Metalle, und obgleich wir Legierungen finden, die einen außerordentlichen Härtegrad besitzen, so kommt doch keine dem Roheisen gleich.“

Eigentlich hätten sie die Versuchsergebnisse belehren sollen, daß diese Methode der Härtebestimmung unrichtig ist.

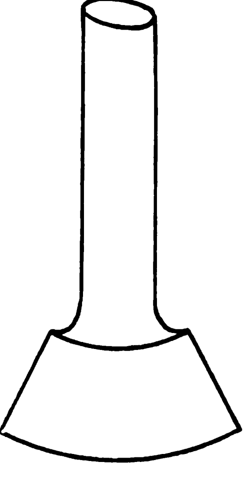
In sachlicher Beziehung ist an Calvert-Johnson's Verfahren der Härtebestimmung sehr viel auszusetzen. Eine willkürlich gewählte Form des eindringenden Körpers, eine willkürlich gewählte Eindrucktiefe und Zeit liefern schließlich Zahlen, welchen jede feststellbare Beziehung zu diesen Größen mangelt.

Die Herren haben Bronze nach ihrer Methode untersucht und haben sehr interessante Ergebnisse gefunden, die in folgender Tabelle zusammengestellt sind. (Auch Legierungen aus Kupfer und Zink wurden untersucht und gaben ähnliche Ergebnisse.)

Formel	Zur normalen Eindrückung angewendete Belastung in Pfund engl.	Belastung beim Bruch	Formel	Zur normalen Eindrückung angewendete Belastung in Pfund engl.	Belastung beim Bruch
$Cu\ Sn_5$	400	—	$Cu_4\ Sn$	—	1300
$Cu\ Sn_4$	460	—	$Cu_5\ Sn$	—	1300
$Cu\ Sn_3$	500	--	$Cu_{10}Sn$	4400	—
$Cu\ Sn_2$	650	—	$Cu_{15}Sn$	3710	—
$Cu\ Sn$	—	700	$Cu_{20}Sn$	3070	—
Cu_2Sn	—	800	$Cu_{25}Sn$	2890	—
Cu_3Sn	—	800			

Die Legierungen Nr. 5 bis Nr. 9 zersprangen bei sehr geringem, ja Nr. 6 und 7 bei nicht wahrnehmbarem Eindringen des Kegels. Diese fünf Legierungen gaben nach Calvert-Johnsons Methode keine als Härtemaß dienliche Zahl und wurden, wie man nach obigem Satze sieht, so behandelt, als wenn sie nicht vorhanden wären.

Uchatius setzte einen krummen Meißel mit stumpfer (abgerundeter) Schneide auf eine ebene Platte des zu prüfenden Materials und ließ ein Gewicht (2 *kg*) aus bestimmter Höhe (0·25 *m*) darauf fallen. „Je länger die Kerbe ausfiel, desto weniger hart war das Metall.“ Die Meißel (Abb. 65) wurden aus einer Stahlscheibe geschnitten, die sich sehr genau durch Drehen herstellen ließ, und nach gleicher Methode gehärtet. Für relativen Vergleich, in ihrer Anwendung lediglich auf mehr oder minder zähe Metalle, ist die Probe unbedingt sehr bequem und empfehlenswert, als ein strenges Härtemaß hat Uchatius selbst diese Probe nie betrachtet.


Abb. 65.

Statt eines Meißels benützte v. Kerpelli zur Härtebestimmung einen Kreiskegel und maß statt obiger Kerbenlänge den Durchmesser des Grundkreises des eingedrückten Hohlkegels.

Die in der Praxis derzeit verbreitetste Härtebestimmungsmethode ist jene von J. A. Brinell, bei welcher eine gehärtete Stahlkugel in das zu untersuchende Material eingedrückt wird. Als Härtezahl wird bei der Brinell'schen Kugeldruckprobe der Quotient angesehen, welchen man erhält, wenn man den in Kilogramm gemessenen Druck, durch den in Quadratmillimetern ausgedrückten Flächeninhalt f des sphärischen Kugeleindruckes

$$f = 2\pi r \left[r - \sqrt{r^2 - \frac{d^2}{4}} \right]$$

dividiert.

Bei Wahl einer Normalkugel von 10 *mm* Durchmesser ($2r$) und dem Drucke von 3000^K für Eisen, Stahl oder dergleichen und von 500^K für weichere Metalle, braucht man nur den Durchmesser (d) des Eindruckes mittels eines entsprechenden Mikroskopes zu messen und findet durch Benützung einer Tabelle (Baumaterialienkunde, 1900, S. 295) die dem Versuchsmateriale entsprechende Härtezahl aus dem Durchmesser (d) des Kugeleindruckes, also viel bequemer als durch Anwendung obiger Formel.

Die Brinell'sche Härtezahl ist sowohl abhängig vom gewählten Kugeldurchmesser, als der gewählten Pressung, und zwar wird die Härtezahl etwas größer gefunden, wenn eine kleinere Kugel bei gleichem Drucke, oder bei konstantem Kugeldurchmesser ein größerer Druck angewendet wird. Deshalb sind die Brinell'schen Härtezahlen nur Relativzahlen. Mit grober Annäherung kann aus der Brinellschen Härtezahl durch Multiplikation mit 0·35 die Zugfestigkeit bei Stahl gerechnet werden. Übrigens

schwankt dieser Koeffizient nach den Untersuchungen Pierre Breuil zwischen 0·322 und 0·376. (Siehe die Berichte des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik vom Jahre 1906.)

Wesentlich wertvoller ist die Härtebestimmung nach der Methode von Dr. techn. Paul Ludwik, welcher statt der Kugeln, Kegel anwendet. Infolge der geometrischen Ähnlichkeit der mit demselben Kegel erzielten Eindrücke ist der Quotient der Pressung durch die Fläche des Eindruckes bei demselben Material eine konstante Größe, daher ist Ludwiks Härtezahl unabhängig von der Höhe des angewendeten Druckes. (Siehe Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines, 1907, S. 191 und 205.)

Alle diese Methoden der Härtebestimmung, durch Eindrücken oder Einschlagen, — fassen wir sie unter der Bezeichnung der Kerbenmethoden zusammen — besitzen für die absolute Härtebestimmung im wesentlichen jene Mängel, welche bei Besprechung der Methode Calvert-Johnson hervorgehoben wurden, und sie sind für sehr spröde Materialien überhaupt nicht anwendbar.

Turner und Martens schlugen Ritzmethoden vor, deren Wesen darin besteht, daß ein konischer Diamant unter Druck über das zu prüfende Objekt geführt wird und hierbei feine Linien einreißt, welche von der Härte einerseits, von der jeweiligen Belastung anderseits abhängen. Jene Belastung des Diamants, bei welcher eben noch sichtbare Linien (Turner) oder Linien bestimmter, mikroskopisch gemessener Breite (Martens) entstehen, sollte das Maß der Härte sein.

Gegen diese Methoden spricht der Umstand, daß gleich harte, aber einerseits spröde, anderseits bildsame Materialien, bei gleicher Belastung der Nadel nicht die gleiche Strichbreite geben. Beim Ritzen des bildsamen Materials wird dasselbe zur Seite gedrängt und hierdurch die Strichbreite vergrößert, während das spröde Material nur aussplittert (Abb. 66). Schon aus diesem Grunde ist dieses Ritzverfahren keine exakte Härtebestimmung, abgesehen davon, daß der Spitzenwinkel der Reißnadel von unbekanntem Einfluß ist. (Siehe Näheres: Mitteilungen der königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 1890, S. 215; 1891, S. 277; Sitzungsbericht des Vereines für Gewerbefleiß, 1890, S. 11; Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines, Heft 1, 1891.)

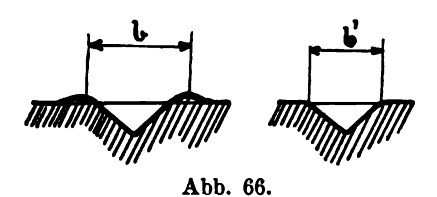


Abb. 66.

Die Ritzmethoden liefern aber doch brauchbare Relativzahlen und sie lassen sich sowohl auf bildsame wie auf spröde Körper anwenden.

Sowohl die Kerbenmethoden, als die Ritzmethoden sind als absolute Härtebestimmungen nicht zu betrachten, ebensowenig sind dies Schleifverfahren oder Bohrverfahren, welche auch zum Zwecke der Härtebestimmung in

Anwendung kamen, und für verwandte Materialgruppen immerhin relativen Wert beanspruchen können.

Auch die von F. Auerbach (Jena) vorgeschlagene „absolute Härtemessung" kann nur relative Härtezahlen geben.

Auerbach erfand einen Apparat, mit welchem zunächst durchsichtige, sehr spröde Körper auf ihre Härte in der Weise geprüft wurden, daß sie in eine Fassung *F* (Abb. 67) gespannt, von unten dem Drucke einer Linse gleichen Materials, angebracht

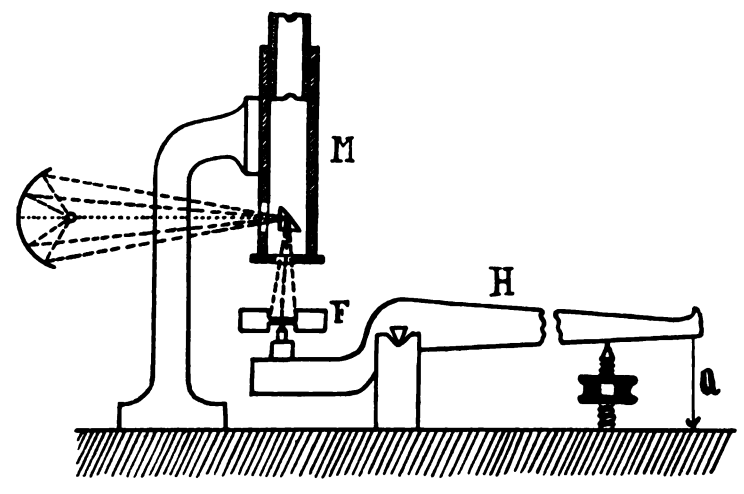


Abb. 67.

an einem belasteten Hebel *H*, ausgesetzt wurden; während von oben sowohl die Belichtung als die Beobachtung durch das Mikroskop *M* erfolgte. Jene Pressung, bei welcher der erste Sprung auftrat, wird in rechnungsmäßige Beziehung zur Härte[1]) gebracht.

F. Auerbach gelangte zu folgender Härteskala, deren Zahlen Kilogramm pro 1 mm^2 bedeuten.

Talk	5	Glas	170 bis 210	Topas	525
Steinsalz	20	Apatit	237	Korund	1150
Kalkspat	92	Adular	253		
Flußspat	110	Quarz	308		

F. Auerbach erstreckte sein Verfahren später (1900) auch auf Metalle (Annalen der Physik IV, Bd. 3, S. 108). Unter Hervorhebung der außerordentlichen Verschiedenheit der Eigenschaften desselben Metalles je nach Reinheit und Vorbehandlung, gibt Auerbach nachstehende Härtezahlen nur zu allgemeiner Orientierung an:

Blei	10	Gold	97	Stahl nicht gehärtet	361
Aluminium	52	Messing	107	Stahl glashart	1000
Silber	91	Bronze	127		
Kupfer (weich)	95	Kupfer (hart)	143		

[1]) Die „absolute" Härte H wird durch $H = \frac{6}{\pi} \frac{P}{D^2} \sqrt[3]{R}$ bestimmt, wobei P den ausgeübten Druck im Augenblicke des Sprungeintrittes (in Kilogrammen), D den hierbei auftretenden Durchmesser der Druckfläche (in Millimetern) und R den Krümmungsradius der Linse (in Millimetern) bedeutet. (Repertorium der Physik, Bd. 27, S. 319. Annalen der Physik und Chemie, 1891, S. 61; 1892, S. 262, und 1896, S. 357.)

Kick stellte die Behauptung auf, daß die Härte proportional der Scherfestigkeit sei, und stützte diese Behauptung dadurch, daß die nach der mineralogischen Ritzmethode bei 25° C als nahezu gleich hart sich erweisenden Körper Zinn und Schelllack, ersteres bildsam, letzteres (bei gewöhnlicher Temperatur) spröde, die gleiche Scherfestigkeit besitzen.

Diese beiden Körper ließen sich in dem beistehenden Versuchsapparate rein abscheren, denn es konnte mit diesen die vollkommene Ausfüllung der Querfurche durchgeführt werden, weil sich das Zinn eintreiben und der Schellack weich gemacht, eindrücken läßt. Eine richtige Schervorrichtung muß die Teile der Versuchsstücke in kräftiger, allseitiger Umschließung halten, daß sie nach keiner Seite auszuweichen vermögen.

Diesen Zweck sollte nun die Vorrichtung Fig. 68 erfüllen. Zwischen den Wänden *a a'* und *b b'* läßt sich nach Wegnahme des Prismas *p* der Schieber *s s'* lotrecht herabdrücken.

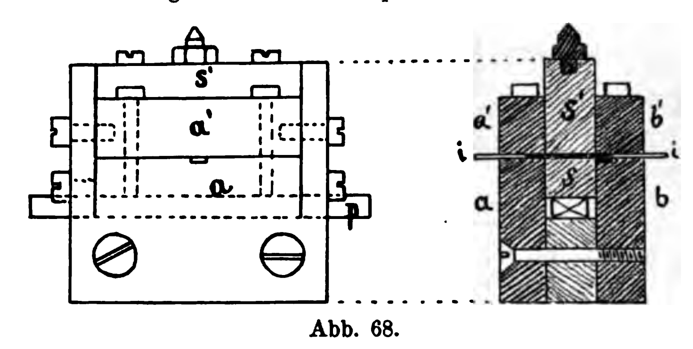


Abb. 68.

Ist das Prisma *p* eingesetzt, so fällt eine in *a*, *b* und *s* angebrachte Querfurche von rund 1 *mm* Höhe und 2 *mm* Breite so zusammen, wie dies der Mittelschnitt darstellt. In diese Quernut wird das abzuscherende Stück, welches als dicke schwarze Linie dargestellt ist, eingebracht. Nach Aufschrauben der Teile *a'*, *b'* und *s'* und Einsetzen der kleinen Stahlprismen *i*, *i* in den freigebliebenen Teil der Nut, endlich nach Entfernung des Prismas *p* kann der Abscherversuch durchgeführt werden. Mit Zinn und Schellack, welche bei gewöhnlicher Temperatur sich gegenseitig ritzen, daher als gleich hart betrachtet werden können, ergab der Versuch gleiche Scherfestigkeit.[1])

Da die reine Abscherung bei anderen spröden Materialien wegen der Schwierigkeit allseitiger dichter Umschließung und nicht zu vermeidenden Biegespannungen nicht gelingt, so ist diese Härtebestimmungsmethode auch nur beschränkt, d. h. nur für bildsame Materialien verwendbar und selbst bei diesen treten Biegespannungen auf, so daß die Scherfestigkeit nicht absolut genau bestimmt werden kann.

Das absolute Härtemessen gelang demnach bisher nicht.

Derzeit besitzt man noch keine praktisch brauchbaren, allgemein anwendbaren Methoden zur exakten Härtebestimmung.

Albert Heim sprach in seiner Mechanik der Gebirgsbildung 1878 die Behauptung aus, daß viele Gesteine unter den hohen Pressungen, welche bei der Gebirgsbildung unzweifelhaft auftreten, in den bildsamen Zustand übergeführt worden seien.

Die erste Stütze der Heim'schen Behauptung ist die Betrachtung von Versteinerungen mit stetig abgeänderter Gestalt; wenn z. B. ein Ammonit

[1]) Siehe Sitzungsbericht vom 6. Jänner 1890 des Vereines für Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen.

statt in seiner natürlichen Form oval verdrückt gefunden wird, aber so, daß die Wandungen desselben im Schnitte (Schliffe) doch wieder eine kontinuierliche Linie bilden, so kann diese Formänderung nur dadurch zustande gekommen sein, daß das den Ammoniten füllende und umgebende bereits erhärtete Gestein unter dem hohen Drucke einer Verquetschung, ähnlich einer bildsamen Masse, unterworfen war; denn wäre die umhüllende und füllende Masse noch im weichen Zustande (Sediment) gewesen, so hätte ein Bruch der Wandungen des Schneckengehäuses stattfinden müssen, und dieser Bruch müßte zu den mannigfachsten Unterbrechungen und Störungen der Wandungsspirale führen. Die Stetigkeit der Gestaltsänderung der spiralen Wand ist daher ein Beweis, daß das Gestein bereits fest war, jedoch unter den außerordentlichen Kräften bildsam wurde.

Hielte man die oval gedrückten Ammoniten für zufällige Mißbildungen, so müßten sich solche doch auch unter den lebenden Nautilen und Schnecken finden, was nicht der Fall ist.

Es kommen nicht selten in den Gesteinen Adern vor, welche gleichbedeutend mit Spalten sind, die nachträglich durch Kalzit oder andere Füllstoffe ihre Füllung erlangten, und diese Adern weisen oft ungleiche Dicke auf und laufen in Spitzen aus, wie dies z. B. Abb. 69 andeutet.

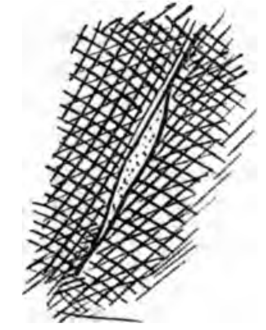


Abb. 69.

Eine solche Zerklüftung und Spaltenbildung, solch allmähliches Auslaufen oder Auskeilen der Adern, läßt sich nun nicht denken, wenn die wirkenden Kräfte das Gestein in Pulver verwandelt haben, sondern nur, wenn die die Spalte umgebenden Massenteilchen eine bleibende Gestaltsänderung haben annehmen können. Ohne eine bleibende Änderung der relativen Lage der Gesteinmassenteilchen gegeneinander kann die Bildung eines sich auskeilenden Spaltes, beziehungsweise einer solchen Ader nicht eintreten, und daher muß das spröde, sich zerklüftende Gestein doch zugleich eine gewisse Bildsamkeit besessen haben.

Die Heim'sche Behauptung wurde durch Kick experimentell bestätigt.

Es wurden Stängelchen verschiedener spröder Materialien (Steinsalz, kristallisierter Gips, Speckstein) mit Schellack, in kurze verspundete Gasrohrstücke eingeschmolzen. Nach dem Erkalten. wurden die Rohrstücke gebogen, hierauf der Schellack durch Alkohol entfernt und so gebogenes Steinsalz, Marienglas, Talk usw. erhalten. Des weiteren wurde ein Steinsalzkristall in eine Kupferhülse mit Schellack eingeschmolzen, das ganze so deformiert, wie Abb. 70 dies zeigt. Nach Entfernung des Schellacks wurde der deformierte Kristall, welcher durchscheinend blieb, rein und ohne jeden Sprung erhalten.

In nur wenig abgeänderter Durchführung wurden auch Marmorkugeln in einer kräftigen Kupfer- oder Messinghülse (kurzes massives Rohr mit

angelötetem Weißblechboden) mit Schwefel, später, was viel praktischer ist, mit geschmolzenem Alaun umgossen. Der Alaun kann nach der durchgeführten Formänderung in Wasser gelöst werden, wodurch der deformierte

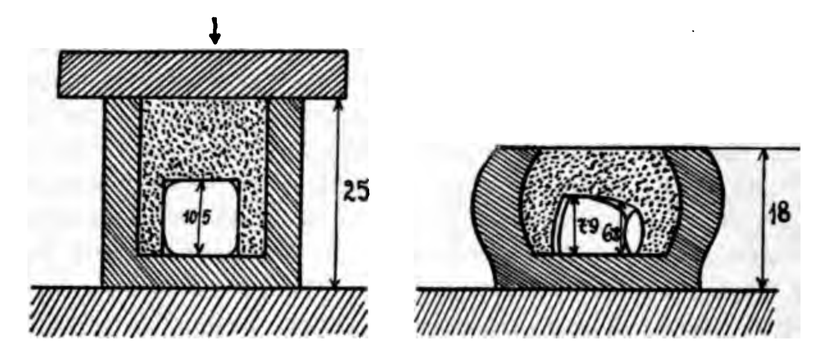


Abb. 70.

Marmor in einfachster Weise frei wird, während bei der Umhüllung mit Schwefel ein Abschmelzen und etwas umständliche Reinigung erforderlich ist. Die Formänderung der kombinierten Versuchskörper erfolgte durch Zusammendrücken zwischen parallelen Platten mittels der hydraulischen Presse.

Es ist nicht immer notwendig, als erstes Umschlußmaterial eine feste Substanz zu wählen, es kann dies auch eine Flüssigkeit sein, wenn es nur gelingt, die Formänderung in der unter genügender Pressung stehenden Flüssigkeit durchzuführen. Für sehr hohe Flüssigkeitspressungen ist es bisher nicht gelungen, die nötige Dichtung zu erzielen, für etwa 36 Atmosphären, welche für Steinsalzkristalle hinreichen, gelang dies genügend, und die Formänderung konnte ohne Bruch in Öl ausgeführt werden. Hierüber wurde in einem Vortrage im Vereine für Gewerbefleiß in Preußen am 6. Jänner 1890 Mitteilung gemacht (siehe Sitzungsbericht, S. 14).

Gerade durch die Anwendung einer Flüssigkeit zum ersten Umschlußmaterial ist am besten bewiesen, daß ein bestimmter allseitiger Druck den spröden Körper in den bildsamen Zustand überführt, in welchem Zustande es dann möglich wird, durch weitere mechanische Einwirkung Formveränderungen zu erzielen, wie sie sonst nur bei bildsamen Körpern möglich sind. In schöner Weise wird diese Tatsache weiter durch den folgenden Versuch bestätigt.

In die Bohrung des Stahlkörpers (Abb. 71) wurde der mit Stearin umgossene Steinsalzzylinder *S* eingesetzt und nach erfolgter Abkühlung durch Eindrücken des Stahlstempels *P* zum Ausflusse aus der Bodenöffnung gebracht. Zuerst fiel Stearinpulver, hierauf Steinsalzpulver aus. Nun wurde der Versuch unterbrochen, der Stempel herausgezogen und der Rest des Steinsalzes, welches den konischen Teil der Bohrung und ein kleines Stück des zylindrischen Teiles noch füllte, durch Erwärmen des Stahlstückes, wo-

durch das Stearin schmolz, freigemacht. Das Steinsalzstück zeigte den Zustand früherer vollkommener Bildsamkeit. Es ist früher, d. h. während der Pressung, im Zustande des Flusses seiner Teilchen gewesen, jene Teilchen aber, welche der Ausflußöffnung nahe kamen, an welcher kein, oder richtiger nur der atmosphärische Gegendruck herrschte, sprangen ab und fielen als Pulver oder kleine Bruchstückchen, letztere mit deutlich blätterigem Gefüge, durch die Ausflußöffnung aus.

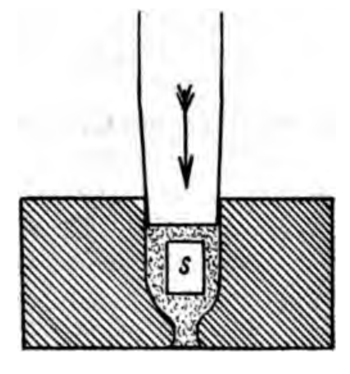


Abb. 71.

Was Heim zuerst behauptete, ward also durch verschiedene Versuche bestätigt. Spröde Materialien, unter allseitigem Drucke, dessen Höhe von dem Grade der Sprödigkeit abhängig sein wird, lassen sich in den bildsamen Zustand überführen.

Es lag auch der Gedanke nahe, oder schien nicht ausgeschlossen, spröde Materialien zu prägen. Die allseitige, genügend hohe Pressung sollte dadurch erzielt werden, daß die Vertiefungen des Prägestempels und der Zwischenraum zwischen Prägstück, Prägring und Stempel mit einer Flüssigkeit ausgefüllt wird, welche eines ziemlich bedeutenden Druckes bedarf, um zwischen Prägring und Stempel, die mit etwa 0·05 *mm* Spielraum zusammenpassen, auszufließen. Je spröder das zu prägende Stück, desto höher müßte der Flüssigkeitsdruck, daher auch desto zäher die anzuwendende Flüssigkeit sein.

Nach diesem Grundgedanken wurden Prägeversuche mit Meerschaum, Bernstein, Elfenbein, Horn, Perlmutter und Marmor durchgeführt, welche schließlich bei Meerschaum und Elfenbein vollkommen, bei Perlmutter und Marmor ungenügend, aber auch insoweit gelangen, daß bei vollständiger Erhaltung des Materialzusammenhanges eine schwache Prägung erreicht wurde. (S. Näheres in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. 36, S. 919.)

Die vorbesprochenen Versuche lassen den Schluß zu, daß man den Grad der Sprödigkeit vielleicht mit der Höhe des allseitigen Druckes, welcher das Material bildsam macht, einst wird messen können.

Zähigkeit kann in Ermanglung einer exakten Definition, jene Eigenschaft vieler Körper genannt werden, welche denselben nach Eintritt einer bleibenden Formänderung (Überschreitung der Elastizitätsgrenze) infolge Beanspruchung durch äußere Kräfte noch eine bedeutende Gestaltsänderung vor eintretendem Bruche gestattet.

Feine Pulver und körnige Materialien verhalten sich gegen Kräfte, insbesondere gegen Pressungen, wesentlich anders als bildsame und spröde Materialien und wird hierüber in jenem Abschnitte, welcher vom Pressen handelt, gesprochen werden.

Wäre die mechanische Technologie schon zur exakten Wissenschaft geworden, so müßte es möglich sein, auf Grund der Kenntnis gewisser Materialeigenschaften (Härte, Sprödigkeit usw.) die zu den Formänderungen erforderlichen Arbeitsgrößen zu bestimmen. Dann wäre es möglich, die Hauptgattungen der Formänderungsarbeiten wissenschaftlich abzuhandeln. Von diesem Vorgange muß aber derzeit noch abgesehen werden.

Außer den bereits angegebenen Quellen sei noch auf nachstehende Werke und Abhandlungen verwiesen

Ernst Hartig, Über den Gebrauchswechsel des Werkzeuges. „Zivilingenieur", Bd. 34. — Über Allgemeinbegriffe der mechanischen Technik. „Zivilingenieur", Bd. 30. — Studien in der Praxis des kaiserlichen Patentamtes. Leipzig, Artur Felix, 1890.

A. Martens, Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau. Berlin 1898, Jul. Springer.

G. Müller, Der Stoßwiderstand fester Körper. Leipzig 1892.

Obermayer, Über das Abfließen geschichteten Tones an eindringenden Körpern. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Bd. 72.

Hugo Fischer, Untersuchungen über das mechanische Verhalten von Ton. „Zivilingenieur", Bd. 31.

Franz R. v. Uchatius veröffentlichte einen Teil seiner Untersuchungen in den „Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens" in der Zeit von 1860 bis 1880; teilweise übergegangen in Dinglers polytechnisches Journal.

Ph. Forchheimer, Über Sanddruck und Bewegungserscheinungen im Inneren trockenen Sandes. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines 1888.

Prante, Messungen des Getreidedruckes gegen Silo-Wandungen, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. 40.

Ernst Mach, Zur Mechanik der Explosionen. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Bd. 92, 1885, Juliheft.

Reyer, Ursachen der Deformationen und der Gebirgsbildung. Leipzig, Engelmann 1892.

II. TEIL.

Von den wichtigsten Rohmaterialien des Maschinenbaues.

Das Eisen.[1]

Das Wort „Eisen" bezeichnet kein einheitliches Material, denn unter demselben versteht die technische Praxis nicht chemisch reines Eisen (Fe). Jedermann weiß vielmehr, daß das Eisen, dieses für die Kultur und Volkswirtschaft der Völker so hochwichtige Metall, in zwei streng voneinander unterschiedenen Hauptgattungen in den Handel gebracht wird: als schmiedbares Eisen und als Roheisen, letzteres, sofern es bereits durch den Prozeß des Schmelzens und Gießens zu Gebrauchsgegenständen verarbeitet worden war, auch Gußeisen genannt. Der charakteristische Unterschied ist durch die Benennungen angedeutet; das schmiedbare Eisen ist — vorwiegend in der Glühhitze, in gewissem Grade aber auch bei gewöhnlicher Temperatur — bildsam und läßt sich infolge dieser Eigenschaft unter Einwirkung äußerer mechanischer Kräfte (Druck, Zug) in seiner Form verändern; das Roheisen hingegen hat durch Aufnahme größerer Mengen fremder Körper seine Bildsamkeit in solchem Maße verloren, daß eine Formgebung in ungeschmolzenem Zustande durch Druck oder Zug ausgeschlossen ist; aber sein Schmelzpunkt, bei 1300° C, liegt niedriger als der des schmiedbaren Eisens, und zum Teile beruht in dieser Tatsache die leichtere Verwendbarkeit desselben zur Gießerei. Hauptsächlich ist es der größere Kohlenstoffgehalt des Roheisens, welcher dieses abweichende Verhalten hervorruft; die Grenze zwischen Roheisen und schmiedbarem Eisen liegt

---

[1]) Wir folgen in diesem Abschnitte zum großen Teil einer trefflichen Abhandlung des „Vereines deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf", welche als „Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens" bereits in 4. Auflage erschienen ist. Düsseldorf, A. Bagel.

Als besonders empfehlenswertes Werk über Eisen ist Weddings Eisenhüttenkunde, Braunschweig 1896—1906, hervorzuheben. Andere Werke werden später genannt.

durchschnittlich bei einem Kohlenstoffgehalte von 2·3%, kann aber durch die Gegenwart anderer fremder Körper neben dem Kohlenstoffe im Eisen leicht um einige Zehntelprozente verschoben werden. Obschon bei dem jetzigen Standpunkte des Eisenhüttenwesens das Roheisen erst als Material für die Darstellung der überwiegend größten Menge schmiedbaren Eisens benützt wird, entstammt die Darstellung des Roheisens doch einer weit jüngeren Zeit als die des schmiedbaren Eisens. Letzteres, durch einen Reduktionsprozeß bei Gegenwart eisenoxydreicher Schlacken unmittelbar aus den Erzen gewonnen, war schon zu Homers Zeiten den Kulturvölkern des Altertums bekannt, wenn auch sein relativer Preis weit höher stand als jetzt. Roheisen wurde erst gegen das Ende des Mittelalters, im 15. Jahrhundert, bekannt, und die Erfindung seiner Darstellung wird eher einem Zufalle als einer Absicht zu danken sein. Indem man in den für die Darstellung schmiedbaren Eisens benützten „Wolfsöfen" eine stärker reduzierende Atmosphäre erzeugte, erhielt man statt des schmiedbaren „Wolfs" flüssiges Roheisen, dessen Aggregatzustand es sofort als ein geeignetes Material für die Gießerei kennzeichnete. Erst später lernte man durch einen oxydierenden Prozeß (Frischprozeß) die fremden Bestandteile des Roheisens wieder abzuscheiden und es dadurch in schmiedbares Eisen umzuwandeln.

Der heutige Stand der Eisenindustrie ist der, daß aus Eisenerzen in Hochöfen Roheisen gewonnen und dieses einerseits in Kupol- und Flammöfen zu Gußwaren verschmolzen, anderseits in Puddelöfen zu „Schweißeisen" oder im Bessemer-Konverter oder im Siemens-Ofen zu „Flußeisen", beziehungsweise „Flußstahl" umgewandelt wird.

Die ältere Nomenklatur unterschied: **Roheisen** mit einem Kohlenstoffgehalt von 2·3 bis 5%, **Schmiedeeisen** mit einem Kohlenstoffgehalt von 0·1 bis 0·5% und endlich **Stahl** mit einem Kohlenstoffgehalt von 0·5 bis 2·3%.

Die Erfindungen des Bessemer- und Siemens-Martinprozesses sowie deren weitere Ausbildung machten die früheren, heutzutage noch vielfach im gewöhnlichen Verkehre beibehaltenen Bezeichnungen unzureichend.[1]) Neuerdings einigte man sich über folgende Einteilung:

- Roheisen
  - weißes
  - graues
- Schmiedbares Eisen
  - Schmiedeeisen
    - Schweißeisen
    - Flußeisen
  - Stahl
    - Schweißstahl
    - Flußstahl.

I. Roheisen.

a) Rohmaterialien.

Die Rohmaterialien zur Darstellung von Roheisen sind: 1. **Kohle** in Form von Holzkohlen, von Koks und Steinkohle (Anthrazit); 2. **Eisenerze**; 3. **Kalkstein** (und andere Zuschläge). Das ursprüngliche alleinige

[1]) Sehr beachtenswert ist die kleine Schrift des Eisenwerksdirektors Otto **Thaller**: Über Einteilung und Namensbezeichnung des Eisens. Kattowitz, Gebr. Böhm, 1907.

Brennmaterial, die Holzkohle, spielt nur mehr eine untergeordnete Rolle; es verschwindet die Menge des mit Holzkohle erblasenen Roheisens gegenüber dem mit Koks und Anthrazit dargestellten.

Nur wenige Gegenden, z. B. Schottland und der Staat Pennsylvanien in Nordamerika, besitzen in ihren Anthrazitkohlen ein für die unmittelbare Verwendung im Hochofen geeignetes Brennmaterial, an den meisten Orten muß die Steinkohle erst verkokt werden, um die nötige Beschaffenheit für den Hochofenprozeß, hinreichende, stückige Festigkeit bei entsprechender Porosität und Reinheit, zu gewinnen. Zum Verkoken eignen sich nur gewisse Kohlensorten, die kohlenstoffreichen sogenannten „fetten" Kohlen, mit einem mittleren Gehalte von 89% Kohlenstoff, 5% Wasserstoff und 6% Sauer- und Stickstoff, ohne Berücksichtigung der unorganischen Bestandteile. Die Förderkohlen enthalten mehr oder minder viel Schiefer und haben keineswegs die zur Verkokung geeignete Feinheit. Man trennt daher in besonderen Aufbereitunganstalten[1]) die Kohlen je nach ihrer Stückgröße, verkleinert die Kohlen zu einer geeigneten Feinheit und entfernt mittels sogenannter Setzkasten die schieferigen Bestandteile. In den eben erwähnten Setzkasten wird durch einen intermittierenden Wasserstrom die spezifisch leichtere Kohle weggeschwemmt, während die schwereren Schiefer sich unten ansammeln und zeitweise entfernt werden. Früher behandelte man nur die sogenannten „Nußkohlen" in den Setzkasten, neuerdings aber auch die feinen Staubkohlen. Es gelingt, den Aschengehalt auf 4% und darunter zu bringen. Die gleiche Sorgfalt verwendete man auf die Ofenanlagen zur Verkokung. Die Brennzeit des Kohlenklein beträgt je nach Konstruktion der Öfen neueren Systems 24 bis 48 Stunden und das Ausbringen an Koks gewöhnlich über 70%.

Die zur Eisenerzeugung verwendeten Erze sind vorwaltend Eisenoxyde oder doch solche Verbindungen, welche sich durch Rösten in Oxyde verwandeln lassen.

Das Eisen ist enthalten als Oxydul-Oxyd im Magneteisenstein, als Oxyd im Eisenglanz und Roteisenstein, als Eisenoxydhydrat in den älteren und jüngeren Brauneisensteinen, als kohlensaures Eisenoxydul im Spat-, Ton- und Kohleneisenstein, in allen Fällen aber mehr oder minder von anderen Stoffen, wie Ton-, Kalk- und Kieselerde, Magnesia, Mangan, Phosphor, Schwefel, Arsen usw. begleitet. Schwefel und Arsen können zum Teile durch entsprechenden Kalkzuschlag entfernt werden, nicht aber Phosphor, der stets ganz ins Roheisen tritt und dasselbe bei einem bestimmten Prozentgehalte zu gewissen Zwecken, z. B. für bessere Schmiedeeisensorten und Stahl, unbrauchbar macht, wenn nicht zur Überführung des Roheisens in schmiedbares Eisen der Thomasprozeß verwendet wird. Im Gegensatze hierzu ist ein Mangangehalt im Eisenerz sehr beliebt, weil er

[1]) Näheres hierüber in dem hervorragenden Werke: Prof. Dr. E. F. Dürre, Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten. Leipzig, 1882 bis 1892, und in Prof. Dr. E. F. Dürre, Die neueren Koksöfen. Leipzig, 1892.

die Darstellung von wertvollen Roheisensorten, wie strahliges und Spiegeleisen oder gar Ferro-Mangan, ermöglicht. Manche Erze werden vor dem Transporte und der Verhüttung einem Röstprozeß, d. h. einer mäßigen Erhitzung (Rotglut) unterworfen; dahin gehören die Kohlen- und Spateisensteine, also kohlensaure Eisenoxydule, welche durch die Röstung in offenen Haufen oder geschlossenen Öfen in Eisenoxyde umgewandelt werden. Man reichert die Erze an, infolgedessen der Transport billiger ist, und treibt die unbequeme Kohlensäure aus, welche im Hochofen die Brennbarkeit der entweichenden und aufgefangenen Gase beeinträchtigt. Brauneisensteine verlieren durch Rösten das chemisch gebundene Wasser. Von besonderem Werte ist das Rösten auch zur Entfernung des Schwefels bei schwefelkieshaltigen Erzen. Durch das Rösten wird FeS_2 in FeS verwandelt und aus dem FeS wird auf Halden unter dem Einflusse der Atmosphärilien Eisenvitriol, welcher durch den Regen ausgewaschen wird. Der Wert eines Eisenerzes hängt ab von seinem Eisengehalte und der Abwesenheit schädlicher Bestandteile.

Die anderen Beimengungen, wie Kalk-, Ton-, Kieselerde, Magnesia usw. sind nicht unmittelbar schädlich, vermindern aber den Wert, weil sie meist unter Zuschlag von Kalk zu Schlacken geschmolzen werden müssen. Gewöhnlich ist ein Überschuß an Kieselerde, also einer Mineralsäure, vorhanden und muß durch Zuschlag von Kalkstein an eine Mineralbase gebunden werden, um eine hinlänglich schmelzbare Schlacke zu bilden und so die Ausscheidung des flüssigen Roheisens zu gestatten und das letztere vor einer erneuten Oxydation, d. h. vor Aufnahme von Sauerstoff zu schützen. Soll die Schlacke ein Singulosilikat sein, d. h. sollen Säuren und Basen der Schlacke gleiche Sauerstoffmengen enthalten, so erfordert jeder Gewichtsteil ungesättigter Säure im Erze einen Zuschlag von $3^1/_4$ Gewichtsteilen von kohlensaurem Kalk. Erze unter 35% Eisengehalt und über 20% Kieselerdegehalt, welcher nicht durch die gleichzeitige Anwesenheit von Basen neutralisiert ist, erscheinen dem Hüttenmann bedenklich und stehen an der Grenze einer nutzbringenden Verhüttbarkeit.

Die weitere Verarbeitung des Roheisens zu Schmiedeeisen und Stahl erfordert eine so große Menge an Kohle, daß in der Regel Puddel-, Schweiß- und Stahlwerke sich nur in der Nähe der Kohlenbecken ansiedeln. Beim Roheisen liegt die Sache etwas anders. Ein Hochofenwerk wird zweckmäßigerweise in der Nähe des Erzvorkommens errichtet, wenn die Transportkosten von Koks nach der Hütte und des Roheisens nach der Verbrauchsstelle zusammen geringer sind als diejenigen der Eisenerze nach der Verbrauchsstelle des Roheisens, welche gewöhnlich im Kohlenrevier liegt.[1])

b) Hochofenbetrieb.

Die Darstellung des Roheisens erfolgt in Hochöfen. Von unten anfangend, besteht das Innere eines Hochofens zunächst aus einem kurzen Hohlzylinder, dem Gestell, einem sich daran schließenden, auf dem Kopfe stehenden, abgestumpften Hohlkegel, der Rast, und einem die Fortsetzung bildenden, auf seiner Grundfläche stehenden, größeren Konus, dem Schachte. Die große Kreisfläche, in welcher beide Kegel zusammenstoßen, wird Kohlen-

[1]) England und Schottland behaupten den Vorrang auf der ganzen Welt, weil sich dort die Grundlagen einer gedeihlichen Entwicklung in den denkbar günstigsten Transportverhältnissen begegnen und durch die glückliche insulare Lage, sowie eine seit langer Zeit auf die Handelsweltherrschaft gerichtete kluge Politik unterstützt werden.

sack, die obere Mündung des Schachtes Gichtöffnung oder kurzweg Gicht genannt. Das auf dem Bodensteine stehende Gestell, in seinem unteren Teile Eisenkasten genannt, ist zylindrisch. Die Wände und der Boden sind aus besten, feuerfesten Steinen hergestellt. Der Schacht ist unter den Zusammenstoß mit der Rast fortgesetzt und steht bei den neueren Konstruktionen auf einer sehr starken, ringförmigen Gußplatte, welche durch kräftige Säulen oder Ständer getragen wird. Schacht, Rast und Gestell sind durch schmiedeeiserne Ringe gebunden; das sogenannte Gichtplateau ist bei den neueren Hochöfen für sich durch entsprechende Eisenkonstruktion getragen. Die meist in einer Reihe stehenden Hochöfen sind untereinander und mit den Aufziehtürmen für die Materialien, Gichttürme oder Gichtaufzüge genannt, verbunden. In einer Höhe von etwa 1 *m* über dem Boden befinden sich im Gestell sieben fensterartige Öffnungen, einer regelmäßigen Achtteilung im Grundriß entsprechend. Die achte Öffnung fehlt, an deren Stelle ist eine etwas tiefer liegende ähnliche Öffnung angebracht. Die sieben ersten dienen zur Aufnahme der Blaseformen (Formen), die achte, tiefer liegende, für die Schlackenform.[1] Die Blaseformen sind doppelwandige Hohlkegel aus dickem Kupferblech, welche etwas mit ihrem Mundstücke in den Ofen hineinragen, durch einen beständigen Wasserstrom gekühlt und nach dem Einlegen in die Formöffnungen, Kapellen von den Schmelzarbeitern genannt, mit feuerfesten Steinen und Ton dicht umstampft werden. In jede, mit ihrer Achslinie 1·35 *m* über dem Bodensteine liegende Form ist ein kurzes Rohrstück, die Düse, gesteckt, welche sich häufig an einen beweglichen Düsenständer anschließt. Durch eine Windleitung wird die gepreßte Luft des Gebläses dem Düsenständer oder direkt den Düsen zugeführt. Im untersten Teile des Eisenkastens ist eine Öffnung gelassen, das Stichloch, aus dem das angesammelte flüssige Roheisen abgelassen werden kann, und das während des Betriebes mit tonhaltigem, feuerfestem Sande verschlossen bleibt.

Die Gicht der Hochöfen ist geschlossen und mit Einrichtungen versehen, um den größten Teil der aus dem Ofen entweichenden brennbaren Gase aufzufangen und dieselben weiter zu verwenden. Die betreffenden Einrichtungen — Gichtabschluß — können aus einem in den Ofen hineinragenden, zentralen Blechkegel, einen ringförmigen Kanal zwischen Ofenwand und Blechkegel bildend, und dem Deckelverschluß bestehen, der beim Aufgeben der Materialien gehoben werden muß. Diese Einrichtung bildet den sogenannten Parry'schen Trichter.

Der im Betriebe befindliche Hochofen ist mit abwechselnden Lagen von Koks und Eisenerz nebst Zuschlag (Kalkstein) gefüllt. Die durch die Windformen eintretende Luft des Gebläses verbrennt den glühenden Koks im Gestelle sofort zu Kohlensäure CO_2 und wird in der hohen Hitze das

[1]) Durch die Einführung der Schlackenform von J. Lürmann in Osnabrück konnte das Gestelle geschlossen werden, was einen wichtigen Fortschritt bildete. Dingler, polytechn. Journ., Bd. 194, S. 106, und Bd. 221, S. 28.

in der Rast und im Schachte vorbereitete (reduzierte und gekohlte) Erz geschmolzen. Die im Kalkstein enthaltene Kalkerde CaO, eine starke Base, verbindet sich mit den nicht gesättigten Mineralsäuren, hauptsächlich aus Kieselsäure SiO_2 bestehend, bildet mit Tonerdesylikat eine leicht schmelzbare Schlacke und scheidet das flüssige Roheisen aus, welches sich im

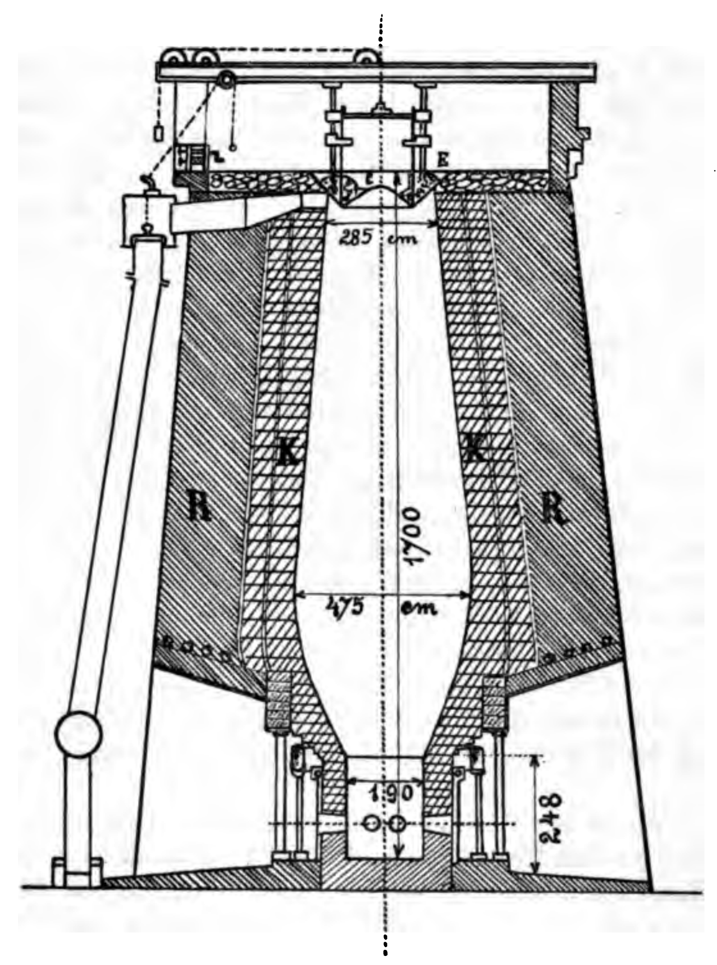


Abb. 72. Hochofen aus dem Jahre 1865 mit geschlossener Brust, Schlackenform, gekühltem Gestelle, Gichtabschluß und Rauhgemäuer *R*, Kernschacht *K*.

tiefsten Punkte des Eisenkastens sammelt, von der darauf schwimmenden, leichteren Schlacke gegen weitere Veränderungen geschützt. Die Schlacke steigt rasch und wird beständig aus der oben erwähnten Schlackenform abgelassen. Allmählich sammelt sich auch das flüssige Roheisen an und würde zuletzt mit der Schlacke ausfließen; man stößt jedoch zeitig das Stichloch ein und läßt das geschmolzene Roheisen in die vorbereiteten Masselbette fließen, in denen es sich in eine Anzahl handlicher Barren oder Masseln zerteilt.

Die vor den Formen gebildete Kohlensäure CO_2 kommt beim Aufsteigen mit glühendem Koks in Berührung, den sie teilweise verbrennt, indem ein Atom Sauerstoff abgegeben und Kohlenoxydgas CO gebildet wird. Die glühende Kohle und das Kohlenoxydgas wirken auf die Eisenerze reduzierend ein, die Erze gehen in Eisenschwamm über. Diese Reduktion erfolgt in der Reduktionszone, Abb. 74. Das reduzierte Eisen wird

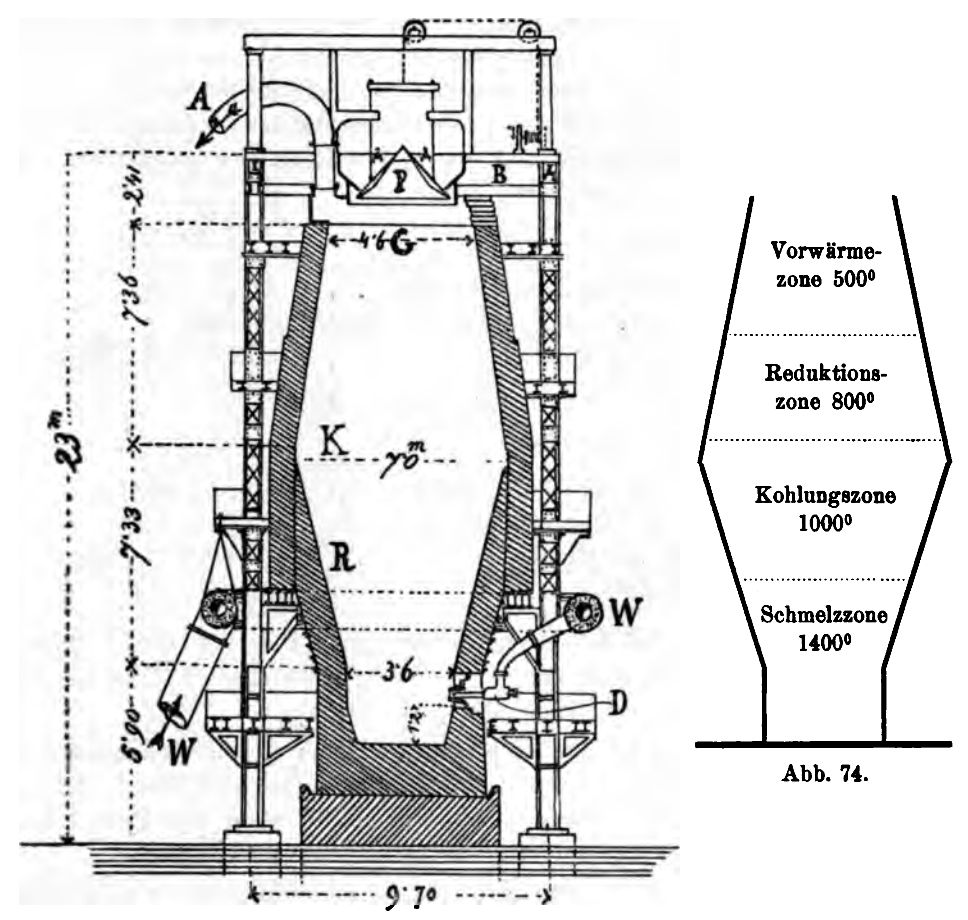


Abb. 74.

Abb. 73. Hochofen modernster Bauart. *R* Rast, *K* Kohlensack, *G* Gicht, *P* Parryscher Trichter, *B* Gichtbrücke, *W* Windleitung, *D* Düse, *A* Gichtgasabzug.

in tieferen Schichten durch unmittelbare Berührung mit glühendem Kohlenstoff gekohlt. Ein gewisser Kohlenstoffgehalt bedingt die leichtere Schmelzbarkeit des Roheisens, während das kohlenstoffarme Eisen schwer schmelzbar ist. Man nimmt den Schmelzpunkt des Gußeisens zu 1050 bis 1400° C, den des Schmiedeeisens zu 1600° C an.

Außer Kohlenstoff nimmt das Roheisen den ganzen Phosphorgehalt der Beschickung in sich auf, ferner mehr oder weniger Mangan, Silizium, Schwefel, Arsen usw.

Die Abbildungen auf S. 50 und 51 zeigen Hoh- oder Hochöfen mit geschlossener Brust, und zwar Abb. 72 einen in den sechziger Jahren erbauten Kladnoer Ofen und Abb. 73 einen solchen von 1893.

Der ältere Ofen weist sowohl den Kernschacht *K*, als das Rauhgemäuer *R* auf. Damals glaubte man noch den Kernschacht mit schlechten Wärmeleitern umgeben zu müssen; während man jetzt den Ofen freistellt und hierdurch den Kernschacht länger erhält und bei nötigen Reparaturen leicht zukommen kann.

Die eingeschriebenen Maße weisen eine bedeutende Steigerung der Abmessungen auf und demnach eine große Steigerung der Produktion, welche auch durch höheren Winddruck und höhere Winderhitzung bedingt ist. Die nachstehenden Zahlen kennzeichnen dies:

Im älteren Ofen (1865):

Roheisenerzeugung in 24 Stunden . . . 300 q = 30 t
Windpressung . . . . . 160 *mm*, später 300 *mm*
Windmenge pro Minute . . . . 100 m^3
Windtemperatur . . . . 350° C.

Im neueren Ofen (1893):

Roheisenerzeugung in 24 Stunden . . 1000 q = 100 t
Windpressung (Quecksilbersäule) . . . . 500 *mm*
Windmenge pro Minute . . . . 400 m^3
Windtemperatur . . . . 550° C.

In neuester Zeit ist die Produktionsmenge auf täglich 1500—2500 q = 150—250 t gestiegen und werden mit 90 *kg* Koks 100 *kg* Roheisen bei einem Möllerausbringen von zirka 30·5%, geschmolzen.

Beim älteren Ofen ist der Trichter sowohl zum Heben als Senken eingerichtet, wodurch man gegen die Mitte oder gegen die Wand gichten kann, während bei dem neueren Ofen nur ein Senken des Parry'schen Trichters möglich ist.

Im Jahre 1896 wurde eine neue Gichtabschlußvorrichtung in Kladno eingeführt, durch welche die Gase und Erhitzungsapparate nahezu staubfrei bleiben sollen; auch wird jetzt vielfach automatisch wirkende Beschickung (automatisches Gichten) angewendet.

Abb. 75 zeigt in größerem Maßstabe das Ofengestell und läßt einerseits Form *f* und Düse *d*, anderseits die Wasserkühlung *W* erkennen. Durch Abb. 76 soll angedeutet sein, daß die Düsen nicht radial gerichtet sind, sondern vom Radius etwas abweichen, damit eine bessere Windverteilung Platz greift.

Die im Hochofen gebildeten Schlacken bestehen den Hauptbestandteilen nach aus Kiesel-, Ton- und Kalkerde, sind Doppelsalze aus kieselsaurer Kalkerde und kieselsaurer Tonerde, in einer den obwaltenden Verhält-

nissen entsprechenden Zusammensetzung, und enthalten dabei alle anderen, nicht ins Eisen übergegangenen oder verflüchtigten Stoffe der Beschickung.

Die Bildung der Schlacke ist einerseits erforderlich, um das taube Gestein in Form von flüssiger Schlacke aus dem Hochofen entfernen zu können, anderseits beeinflußt die Art der Schlacke durch ihre leichtere oder schwerere Schmelzbarkeit die Aufnahme von Kohlenstoff in das Roheisen, und endlich schützt die das Eisen umhüllende Schlacke bei dem gemeinsamen Niedertropfen das Eisen vor der oxydierenden Einwirkung des Windes.

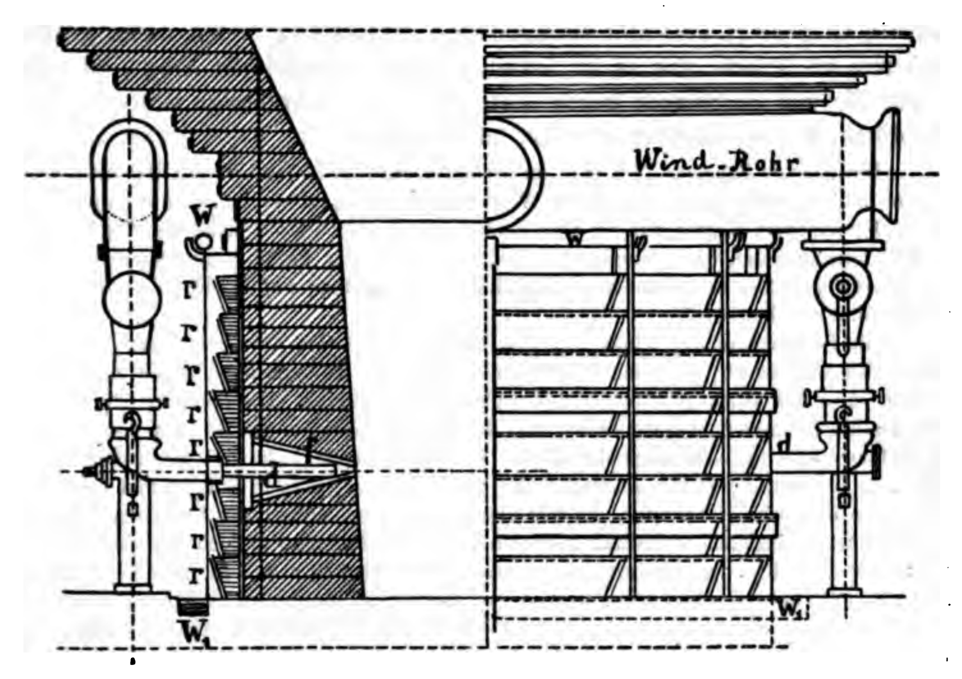


Abb. 75. Gestelle.

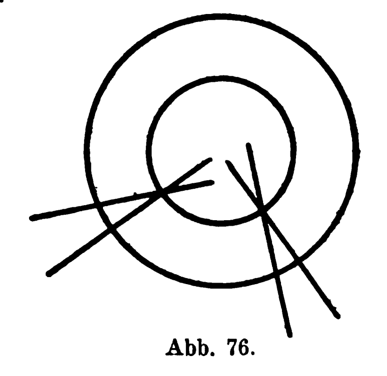


Abb. 76.

Ist die Schlacke leicht flüssig, so umhüllt sie den in der Reduktionszone gebildeten Eisenschwamm schon in einem höheren Teile des Ofens und verkürzt die kohlende Einwirkung; hierdurch entsteht weniger gekohltes und siliziumarmes Roheisen, weißes Roheisen. Eine schwerer schmelzende Schlacke läßt die Berührung des Eisenschwammes mit dem glühenden Kohlenstoffe (Koks) länger andauern und noch in tieferen, heißeren Schichten bestehen; es wird kohlenstoff- und siliziumreicheres — graues — Roheisen gewonnen. Wirkt man durch entsprechende Mischung (Gattierung) der Eisenerze oder durch entsprechende Wahl der Zuschläge auf die Schmelzbarkeit der Schlacke ein, so beeinflußt man indirekt die Kohlenstoffaufnahme

und hierdurch die Qualität des erzeugten Roheisens. Als Zuschläge verwendet man Kalk, Quarz, Tonschiefer usw., und ist die richtige Wahl und Menge derselben von höchster Wichtigkeit.[1])

Die Schlackenmenge muß mindestens zwei Fünftel des Roheisengewichtes betragen, damit das niederschmelzende Eisen noch hinreichenden Schutz vor Oxydation findet; aus ökonomischen Gründen darf sie jedoch keinesfalls die fünffache Eisenmenge übersteigen. Hierdurch sind Umstände angedeutet, welche gewisse Eisenerze besser geeignet machen, weißes, andere graues Eisen zu liefern. Jenes Erz z. B., welches viel tonige Bestandteile enthält, ist geneigt, eine sehr strengflüssige Schlacke zu bilden, daher graues Roheisen zu liefern, und es ist lediglich eine ökonomische Frage, ob man solche Mengen Zuschlages geben darf, um eine leichtflüssige Schlacke und hierdurch weißes Roheisen erhalten zu können.

Die flüssige Schlacke läßt man entweder in gußeiserne, auf Wagen stehende, lose Kasten laufen, deren Boden die obere Wagenplatte bildet, darin langsam erkalten und nach abgehobenem Kasten auf die Sturzhalden fahren oder die Schlacke fließt in Wasser, zerfällt dort zu Sand, dem granulierten Schlackensand, der durch Baggerwerke aus der mit Wasser gefüllten Schlackengrube gewöhnlich unmittelbar auf die Eisenbahnwaggons zur Abfuhr gehoben wird.

Die Schlackenmenge hängt von der Beschaffenheit des Eisenerzes und der Höhe des Kalkzuschlages ab; bei reichen Erzen mit niedrigem Kalkzuschlag ist sie mäßig und beträgt etwa das $1\frac{1}{2}$fache Gewicht des erblasenen Roheisens. Die Schlacke bildet eine sehr lästige Beigabe zum Hochofenbetrieb, die Schlackenhalden wachsen auf den meisten Hochofenwerken in beängstigender Weise und es mangelt bald der genügende Platz dafür. In Bezirken deren Eisenindustrie älteren Ursprunges, z. B. in Belgien und England, sieht man förmliche Höhenzüge, die aus alten Schlackenabstürzungen bestehen. Die an der Seeküste gelegenen englischen Werke stürzen die Schlacke einfach ins Meer, woran sie niemand hindert, weil dadurch ein wirksamer, nachhaltiger Schutz gegen die tückischen Meereswogen gebildet wird. Neuanlagen müssen für bequemen, billigen Schlackensturz unbedingt vorher Sorge tragen und danach die Örtlichkeit bestimmen. Man hat bedeutende Anstrengungen gemacht, die Schlacken anderweitig, insbesondere zu Schlackenziegeln zu verwerten, darin auch Erfolge erzielt, ohne aber den Werken bis jetzt durchschlagende Erleichterung verschafft zu haben, weil die Masse der Schlacken übergroß und nicht jede Art von Schlacken zu Schlackenziegeln verwendbar ist.

Die aus dem Hochofen ausströmenden unverbrannten Gase enthalten außer Stickstoff, Kohlensäure und sonstigen Nebenbestandteilen veränderliche Mengen von Kohlenoxyd (nach Stöckmanns Untersuchungen an den Hochöfen der Aktiengesellschaft Phönix zwischen 16 bis 31% der Gasmenge), als Mittel kann man wohl 25% brennbare Gase annehmen. Im oberen Teile des Hochofenschachtes findet eine Verbrennung nicht statt, weil der nötige Sauerstoff mangelt, und es ist infolgedessen die Temperatur dicht unter der Gicht eine mäßige, wozu die meist unvermeidliche Nässe der Beschickung beiträgt. Sobald aber die Gase ungehindert aus der Gicht in die äußere Luft treten können, verbrennen sie mehr oder minder lebhaft und bilden die Gichtflamme. 1 *kg* Kohlenoxyd entwickelt bei der Verbrennung zu Kohlensäure 2400 Wärmeeinheiten. Diese Wärmequelle benützt man zur Heizung der Dampfkessel, welche die Gebläsemaschinen treiben, und insbesondere zur Vorwärmung des Gebläsewindes, nämlich derjenigen Luft, die, in den Hochofen geblasen, den Schmelzprozeß vermittelt. Die bereits

[1]) Hiermit beschäftigt sich speziell die sogenannte Eisenprobierkunst. Siehe die Werke von Bruno Kerl, Wedding usw.

oben erwähnten Einrichtungen auf der Gicht dienen zum Auffangen der Hochofengase, welche durch Blechröhren und auch durch unterirdische, gemauerte Kanäle an den Ort ihrer Bestimmung geleitet werden. Die Erwärmung des Windes wurde zuerst von Neilson zu Glasgow 1829 eingeführt und damit eine wesentliche Brennstoffersparnis und Produktionsvermehrung erzielt, welche ihre Begründung darin finden, daß die Verbrennungstemperatur wesentlich erhöht wird. In der Vervollkommnung der Winderhitzungsapparate sind die großen Fortschritte des Hochofenbetriebes in den letzten Dezennien teilweise zu suchen. Die ersten Apparate bestanden aus einfachen Systemen eiserner Röhren, durch welche der kalte Wind strömte und die von außen geheizt wurden. Eine große Mannigfaltigkeit herrschte in der Anordnung dieser Apparate, die in sehr bedeutenden Dimensionen auf den Hüttenwerken vertreten waren. Die Feuerung mit Hochofengasen ist allgemein üblich. Je höher man die Temperaturen in den Winderhitzungsapparaten steigerte, je größer mußten diese sein und je häufiger die Reparaturen. Die Dauerhaftigkeit gußeiserner Röhren bei hohen Temperaturen ist eine beschränkte, und die fortlaufenden Ausgaben für die Erneuerungen der verbrannten Röhren eine unangenehme Belastung der Selbstkosten, abgesehen von den dadurch bedingten lästigen und schädlichen Betriebsstörungen. Die in eisernen Röhrenapparaten zu erzielenden höchsten Temperaturen liegen zwischen den Grenzen von 400 bis 500° C; es war unmöglich, dauernd darüber hinauszugehen, häufig blieb man darunter. Es tauchte nun der Gedanke auf, die bei der Verbrennung der Hochofengase in den Apparaten frei werdende Wärme an einen feuerbeständigeren Stoff als Gußeisen abzugeben und von diesem auf den für den Hochofen bestimmten Wind zu übertragen. Dieser Idee verdanken die Cowper-, Siemens- und Whitwell-Apparate ihre Entstehung. Große zylindrische, winddicht zusammengenietete Kessel aus Eisenblech, auf einer ihrer Grundflächen stehend, sind mit feuerfesten Steinen ausgemauert und enthalten eine Anzahl durch Scheidewände gebildete Kammern, durch welche die Gase ziehen, darin verbrennen und das Steinmaterial bis zur Rotglühhitze, wenigstens in den ersten Kammern, erhitzen. Nach einer gewissen Zeit wird das Einströmen der Hochofengase in den hinreichend erwärmten Apparat eingestellt, dagegen der Wind der Gebläsemaschine auf dem entgegengesetzten Wege durchgeleitet und von ihm die angesammelte Hitze des Steinmaterials aufgenommen, so daß er mit entsprechend hoher Temperatur (bis 800° C) in den Hochofen tritt. Zu jedem Hochofen gehört eine Anzahl Apparate, bei Whitwellapparaten 3 bis 4 Stück, von denen gewöhnlich einer nur seine Wärme an den Hochofen, beziehungsweise den „Wind" abgibt, während die übrigen sich im Gasfeuer befinden. Ein regelmäßiger Wechsel findet statt und sichert eine gewisse Gleichheit der Temperaturen, verhütet wenigstens übergroße Unterschiede. Die Einrichtungen zum Ein- und Auslassen der Gase, des Gebläsewindes und zum Umstellen der Apparate sind nicht einfach. Die Temperatur des Windes wird auf 600 bis 800° C gebracht, jedoch wesentlich eingeschränkt durch die starken Gichtstaubablagerungen in den Apparaten. Der kräftige Windstrom der Hochofengebläse, einer Pressung von etwa 1/2 Atmosphäre (Überdruck) entsprechend, führt eine Menge fein zerteilter Stoffe aus der Beschickung, auch Zersetzungsprodukte mit sich. In den ersten Kammern sind die feuerfesten Steine nicht nur an ihrer Oberfläche verglast, sondern es bilden sich vollständige Anhäufungen von kieselsauren Alkalien, welche bei Außerbetriebsetzung der Apparate erkalten und durch Anziehen von Feuchtigkeit aus der Luft zerfließen. Der Windstrom aus den Apparaten ist so heiß, daß die Blechröhren zur Weiterführung eines Futters von feuerfestem Material bedürfen.

Der Wind für die Hochöfen wird in mächtigen Maschinen, den Gebläsemaschinen, erzeugt. Die zum flotten Betriebe eines einzigen großen Hochofens notwendige Windmenge erfordert eine Betriebskraft von mindestens 400 Pferdekräften.

Das Ansaugen der Luft und die darauf folgende Kompression geschieht in großen, ausgebohrten Zylindern, in denen ein Kolben luftdicht hin und her bewegt wird. Abwechselnd saugt der Kolben auf einer Seite Luft an und drückt auf der andern Seite

die vorher angesaugte und darauf komprimierte Luft nach dem Windbehälter. Geeignete Ventilklappen an beiden Enden der Gebläsezylinder, in neuerer Zeit gesteuerte Ventile (Riedler), bewirken den Eintritt der Luft aus der äußeren Atmosphäre in die Gebläsezylinder und nach der Kompression den Austritt in die Windleitung.

Außer den Gebläsen sind noch verschiedene andere Hilfsmaschinen zu betreiben, so z. B. Pumpen für das Kühlwasser der Hochöfen, Spritzwasser der Koksöfen und Speisewasser der Kessel, Aufzugsmaschinen der Gichttürme, Kalksteinbrecher usw. Sämtliche Rohmaterialien der Beschickung müssen auf das Hochofenplateau, die Gicht, gehoben werden, und bedarf es hierzu maschineller Vorrichtungen, die sehr mannigfaltiger Art sind. Es gibt hydraulische, pneumatische und andere Aufzüge, die häufigsten sind ähnlich den Fördermaschinen der Bergwerke, doch werden in neuerer Zeit auch kontinuierlich wirkende und selbsttätig gichtende Anordnungen verwendet.

Die Beschickung (Charge) betrug z. B. bei einem älteren auf Gießereiroheisen betriebenen Hochofen ungefähr 4220 *kg* Koks, 2700 *kg* Kalkstein und 6000 *kg* Eisenerzmischung. Der betreffende Hochofen bedarf in 24 Stunden ungefähr 25 solcher Chargen, d. i. täglich 105.400 *kg* Koks, 67.500 *kg* Kalkstein und 150.000 *kg* Eisenerz verschiedener Sorten. Die Produktion an grobkörnigem Gießereiroheisen betrug in 24 Stunden ungefähr 60.000 *kg* und wird im regelmäßigen Betriebe gewöhnlich alle 5 Stunden, manchmal auch etwas häufiger, abgestochen, indem man das Stichloch aufschlägt, das flüssige Eisen in vorher eingeformte regelmäßige Sandrinnen laufen und erstarren läßt, dann vor dem gänzlichen Erkalten in handliche Barren oder Masseln aufbricht. Beim Betriebe auf weißes Roheisen sind die Sandmasselbette gewöhnlich durch offene, eiserne Formen, die sogenannten Coquillen ersetzt. Das Stichloch wird nach dem Abzapfen des Eisens und der Stichschlacke, welche auf dem Eisen im Hochofen schwimmend zuletzt ausfließt, geschlossen, der abgestellte Windstrom des Gebläses eingeleitet und der Betrieb weitergeführt. Nach einiger Zeit ist die Schlacke im unteren Teile des Hochofens so hoch gestiegen, daß man sie ablassen muß, was durch Einstoßen eines nach dem Abstechen in die Schlackenform gestopften Lehmpfropfens geschieht. Die Schlacke fließt nun regelmäßig bis zum nächsten Abstich aus dem Hochofen.

Die ungemein große Menge von Rohmaterialien, welche eine aus mehreren Hochöfen bestehende Anlage bewältigen muß, macht zweckmäßige Einrichtungen für die Zufuhr und den Absturz der Materialien, für richtige Mischung der verschiedenen Eisenerzsorten, für die Abfuhr der Schlacken und des Roheisens nötig. Die neueren Hochofenanlagen sind durch ihre allgemeine Anordnung und innere Einrichtung in der Lage, den stärksten Anforderungen ohne erheblichen Kostenaufwand zu genügen. Wo die Örtlichkeiten es gestatten, schafft man neuerdings die beladenen Eisenbahnwaggons unmittelbar ohne lästigen Zwischentransport auf Luftbrücken und stürzt die Materialien aus größerer Höhe auf die geräumigen Vorratsplätze. Das täglich verbrauchte Material an Eisenerzen wirft man direkt im richtigen Mischungsverhältnisse auf die, gleich den Vorratsplätzen überbrückten Möllerplätze und schaufelt es dort in die Kippwagen (Hunde) zum Einsturz in die Hochöfen. In dem richtigen billigen Transport auf der Hütte selbst liegt ein Hauptpunkt für die Rentabilität des Hochofenbetriebes, wobei die mehr oder minder glückliche Lage des Werkes, die allgemeine Anordnung und innere Ausrüstung maßgebend sind. In früheren Jahren suchte man häufig die Wasserstraßen auszunützen und legte deshalb mit Recht die Hochöfen gern an Flüsse oder Kanäle. Noch immer ist dies von einem gewissen Werte, wenn auch infolge des ausgedehnten Eisenbahnnetzes nicht mehr im früheren Umfange. Eisenbahnanschluß kann aber heutzutage kein Hochofenwerk mehr entbehren. Um in Zahlen ein Bild der umfangreichen Anlagen eines Hochofenwerkes zu geben, verzeichnen wir nachstehend die Kostensummen eines rheinischen Werkes, einer aus 2 Hochöfen bestehenden, aber auf 4 Öfen projektierten Anlage: 2 Hochöfen 495.000 Mark, 8 Whitwell-Heizapparate 354.700, Gas- und Windleitung 210.300, 2 Schlackengranulierwerke 15.000, Gießplatz und 2 Vorhallen 24.900, Abflußkanäle 10.500, Brunnenanlage 25.500, Gichtturm nebst Aufzugsmaschine

61.600, Dampfkesselanlage 283.800, Gebläsemaschinen, Pumpen nebst Maschinenhaus 338.800, Dampf- und Wasserleitungen 57.000, Möllerplatz und Wage 21.600, Plattenbelag und kleine Schleppbahnen 19.800, Kalksteinbrecher 3.100, Förderwagen 10.900, Bureau, Steinschuppen und Schmiede 10.300, Kohlenaufbereitungsanstalt 65.900, 80 Koksöfen nach Coppée-System 321.600, Lokomotivbahn 373.300, Brückenwage 7.900, Lokomotivschuppen und Wärterbude 8.400, 2 Lokomotiven 40.300, Utensilien des ganzen Werkes 26.500, abgerundeter Gesamtbetrag 2,786.000 Mark; zu bemerken ist, daß die Grundstücke, weil bereits früher im Besitze der Gesellschaft, nicht inbegriffen sind, daß der Lokomotivbahnposten das ganze normalspurige Netz des Werkes, auf dem auch noch andere Betriebszweige vorhanden, umfaßt. Ein vollkommen ausgerüstetes, aus 2 Hochöfen bestehendes, auf 4 Öfen ausdehnbares Werk wird auch gegenwärtig kaum unter 2,500.000 Mark herzustellen sein. Die jährliche Roheisenerzeugung eines solchen Hochofens, bei 40 *t* in 24 Stunden betrug 14.400 *t*. Die Erzeugungskosten, ungerechnet Verzinsung und Amortisation der Werke und der Beamtengehalte, werden etwa 56 Mark pro Tonne betragen.

Wenn der regelmäßige Gang der Öfen Störungen erleidet, Schlacke und Eisen nicht mehr fließen will, das Eisen sich nicht aus dem Erze scheidet, das Feuer vor den Formen erlischt, sich kolossale Ansätze im Ofen bilden, welche ihn zu ersticken drohen, oder andererseits Formen verbrennen, Durchbrüche stattfinden, glühende Eisenmassen an gefährlichen Stellen ausfließen usw., dann beginnt ein verzweifeltes Ringen mit den tückischen, entfesselten Naturkräften, dann hilft keine Schulweisheit mehr, der Hüttenmann ist auf seine Erfahrung und Energie allein angewiesen. Da steht er Tag und Nacht am kranken Hochofen, befehlend, ermunternd, scheltend, oft selbst Hand anlegend, von Staub und Schmutz bedeckt, in Feuer und Rauch, bis ihm die Glieder den Dienst versagen. Aber meist gelingt es ihm das Übel zu beseitigen und bald leuchtet ihm wieder die „klare Form" mit ihrem strahlenden Fokus, ein Beweis, daß die widerspenstigen Naturkräfte, von neuem in Fessel geschlagen, den gewohnten Dienst nicht mehr versagen. Ist ihm das Glück minder günstig, so findet er Rechtfertigung und Trost im Bewußtsein treuester Pflichterfüllung.

c) Die verschiedenen Roheisensorten.

Im erstarrten Roheisen tritt der Kohlenstoff in zwei (es wird später von den vier verschiedenen Modifikationen des Kohlenstoffes im Eisen noch näher gesprochen werden) völlig abweichenden Formen auf, deutlich durch das Auge wie durch ihr chemisches Verhalten unterscheidbar, und zwar als freier und als gebundener Kohlenstoff.

1. Als freier Kohlenstoff oder Graphit erscheint derselbe in hexagonalen Blättchen als selbständiger Körper eingesprengt im Gefüge des Roheisens, sei es sporadisch an einzelnen Stellen, sei es in annähernd gleichmäßiger Verteilung auf der ganzen Bruchfläche und bei gewissen Roheisensorten in solcher Größe und Ausdehnung, daß alle übrigen Bestandteile des Roheisens auf der Bruchfläche durch die übergelagerten Graphitblättchen für den Beschauer verdeckt werden. Während bei manchen Roheisensorten die Umrisse der einzelnen Blättchen kaum noch für das Auge erkennbar sind, so daß die letzteren nur durch ihre dunklere Farbe gemeinschaftlich wahrgenommen werden können, erreichen dieselben in anderen Fällen eine Größe von mehreren Millimetern im Durchmesser und lassen sich durch Schaben mit einem scharfen Werkzeuge zum großen Teile von der darunter liegenden Eisenmasse entfernen. Wenn das Roheisen in Säuren gelöst wird,

bleibt in allen Fällen der Graphit vollständig zurück. Man nennt diejenigen Roheisengattungen, bei welchen auf der frischen Bruchfläche bei oberflächlicher Betrachtung nur der Graphit zutage tritt, graues Roheisen; diejenigen, deren Bruchfläche dem unbewaffneten Auge keinen Graphit zeigt, weißes Roheisen; diejenigen endlich, bei denen zwar Graphit bemerkbar ist, neben welchem sich aber auch eine weiße Grundfläche unschwer erkennen läßt, halbiertes Roheisen. Die Bildung des Graphits, soweit derselbe als wirklicher Bestandteil des erkalteten Roheisens auftritt, geht erst in den Temperaturen vom Beginne des Erstarrens an abwärts bis zu etwa 500° C vor sich; schmilzt das Roheisen, so geht aller Graphit in chemische Vereinigung mit dem vorhandenen Eisen und wird erst bei abermaligem Erstarren wieder ausgeschieden. Flüssiges Roheisen enthält keinen Graphit. Je rascher die Abkühlung vor sich geht, desto weniger Graphit wird abgeschieden und desto kleiner ist der Durchmesser der einzelnen Blättchen; je allmählicher die Abkühlung vorschreitet, desto reichlicher und in desto größeren Tafeln wird Graphit abgeschieden. So läßt sich durch Regelung der Abkühlung aus demselben flüssigen Roheisen ebensowohl graphitärmeres als graphitreicheres erstarrtes Roheisen erzielen; und es erklärt sich hierdurch leicht, daß der Graphitgehalt in starken, langsamer erkaltenden Querschnitten desselben Gußstückes regelmäßig beträchtlicher als in dünneren, rascher erkaltenden Teilen, in der Mitte desselben Querschnittes stärker ist, als nach dem Umfange zu. Aber es ist nicht einmal erforderlich, ein Roheisen zu schmelzen und unter veränderten Abkühlungsverhältnissen wieder erstarren zu lassen, um seinen Graphitgehalt zu verändern; schon eine längere Erhitzung auf helle Rotglut und darauf folgende verzögerte Abkühlung (durch Einpacken in Holzkohlenpulver, Asche oder sonstige schlechte Wärmeleiter) genügt, den Graphitgehalt eines durch plötzliche Abkühlung weiß gewordenen Roheisens wieder zur Ausscheidung zu bringen und es dadurch in graues Roheisen zu verwandeln. Durch die Ausscheidung von Graphit im erstarrenden Roheisen wird das Gefüge desselben gelockert, das spezifische Gewicht und die absolute Festigkeit verringert, aber seine Bearbeitungsfähigkeit durch schneidende Werkzeuge gesteigert und die Sprödigkeit gemildert. Hierin liegt ein Hauptvorzug des grauen Roheisens vor dem weißen bei Benützung für Gußwaren.

2. Als gebundener Kohlenstoff. Während der Graphit den charakteristischen Bestandteil des grauen Roheisens bildet, findet sich der gebundene Kohlenstoff vorwiegend im weißen Roheisen. Löst man Roheisen, welches gebundenen Kohlenstoff enthält, in Säuren auf, so entweicht ein Teil desselben als übelriechender Kohlenwasserstoff, ein anderer Teil hinterbleibt gewöhnlich als lockere, beim Trocknen leicht entzündliche Masse. Die Farbe dieses Eisens ist weiß. Es ist außerordentlich hart, so daß es von einer Feile nicht angegriffen wird, und sehr spröde. Gegen chemische Einflüsse besitzt es eine bedeutend größere Widerstandsfähigkeit als metallisches Eisen und vermag auch der Einwirkung feuchter Luft

längere Zeit zu widerstehen, ohne zu rosten. Das Roheisen teilt man seinem äußeren Ansehen zufolge ein in weißes und graues Roheisen; dem bei seiner Darstellung benützten Brennmaterial zufolge in Holzkohlenroheisen und Koksroheisen.

Gattungen des weißen Roheisens.

Ferromangan wird der äußeren Ähnlichkeit wegen dem weißen Roheisen beigezählt. Man bezeichnet mit diesem Ausdrucke kohlenstoffhaltige, in neuerer Zeit im Hochofen, früher nur im Tiegel dargestellte Eisenmanganlegierungen, deren Mangangehalt 30 bis 50% zu betragen pflegt, mitunter aber erheblich darüber und bis auf 85% steigen kann. Mit dem Mangangehalt erhöhen sich aber der Schmelzpunkt und die Schwierigkeit, in größeren Mengen des Produktes einen annähernd gleichmäßigen Mangangehalt zu erzielen, also in mehrfacher Hinsicht die Schwierigkeit und die Kosten der Herstellung. In chemischer Beziehung zeichnet sich das gewerbsmäßig dargestellte Ferromangan vor allen übrigen Roheisensorten durch einen höheren Kohlenstoffgehalt aus, welcher 5·5 bis 7·5% betragen kann und im Verhältnisse zum Mangangehalte steigt und fällt. Äußerlich ist das Ferromangan durch große Härte, Sprödigkeit und eine dichte, unregelmäßige, fast muschlig zu nennende, gelblichweiße, oft auch mit prächtigen Anlauffarben bedeckte Bruchfläche charakterisiert; in den Hohlräumen finden sich säulenförmige Kristalle. Bedingungen für die Entstehung des Ferromangans im Hochofen sind: hohe Temperatur, durch Anwendung stark erhitzten Windes, reichliche Brennstoffmengen, stark basische und zugleich stark manganhaltige Schlacke bei manganreicher Beschickung.

Spiegeleisen. Dasselbe ist durch sein eigentümliches, aus großblätterigen Absonderungsflächen bestehendes Gefüge deutlich gekennzeichnet. Die einzelnen Blätter (Spiegel) stehen annähernd normal gegen die Abkühlungsflächen, kreuzen sich aber gegenseitig in den verschiedensten Richtungen, so daß aus diesen Durchkreuzungen oft scheinbare Kristallformen hervorgehen; Hohlräume des Spiegeleisens finden sich häufig durchwachsen von einzelnen solchen dünnen Blättern, welche teils fächerartig auf- und nebeneinander liegen, teils sich gruppenweise durchkreuzen. Die Farbe des Spiegeleisens auf dem Bruche ist rein weiß, häufig jedoch und besonders bei größerem Mangangehalte, mit purpurnen oder blauen Anlauffarben überzogen; Härte und Sprödigkeit sind bedeutend. Die chemische Untersuchung des Spiegeleisens ergibt einen gebundenen Kohlenstoffgehalt von 4 bis 5%, selten kleine Mengen von Graphit und einen Mangangehalt, welcher gewöhnlich 6 bis 15%, bisweilen 20% beträgt. Bei fernerer Steigerung desselben wird das großblätterige Gefüge undeutlicher und das Spiegeleisen geht in Ferromangan über. Steigt der Gehalt des reinen Eisens — sinkt also der Kohlenstoffgehalt —, so werden die Spiegel schmaler, undeutlicher, und das Roheisen heißt Halbspiegeleisen. Das Spiegeleisen entsteht aus leicht reduzierbaren, manganhaltigen Erzen (vorzugsweise den Spateisen-

steinen) in hoher Temperatur bei reichlichem Brennstoffe und basischer, in ihrer Zusammensetzung dem Singulosilikate nahestehender, manganhaltiger, tonerdearmer Schlacke, deren Schmelzpunkt nicht erheblich von dem Schmelzpunkte des erzeugten Roheisens abweichen darf. Heiße Gebläseluft befördert die Reduktion des Mangans, während die basische Beschaffenheit der Schlacke eine übermäßige Reduktion von Silizium hindert.

Weißstrahl oder strahliges Roheisen. Wenn der Gehalt an metallischem Eisen in dem weißen Roheisen sich in solchem Maße steigert, daß der Kohlenstoffgehalt unter 4% sinkt, so geht das spiegelige Gefüge in strahlenartige Bildungen über, welche ebenfalls senkrecht gegen die Abkühlungsflächen gerichtet sind und mit weiter abnehmendem Kohlenstoffgehalte immer feiner und undeutlicher werden. Alle diese Roheisenarten, bei welchen ein strahliges Gefüge deutlich erkennbar ist, werden allgemein Weißstrahl genannt, jedoch häufig wieder in mehrere besondere Unterabteilungen getrennt. Die verschiedenen Abstufungen des weißstrahligen Roheisens entstehen in niedrigerer Temperatur als das Spiegeleisen und bei leichter schmelzbarer Schlacke (gewöhnlich Bisilikat oder zwischen Singulo- und Bisilikat stehend); also entweder, wenn bei dem Betriebe auf Spiegeleisen durch abnormale Verhältnisse eine Abkühlung des Hochofens oder eine unrichtige Schlackenbildung eingetreten ist; oder absichtlich, wenn Erze mit niedrigerem Mangangehalte verhüttet werden, welche zur Spiegeleisenfabrikation nicht geeignet sein würden (Sphärosiderite und Brauneisenerze aller Art). Diesen Entstehungsverhältnissen entsprechend enthält das weißstrahlige Roheisen nicht nur, wie schon erwähnt, weniger Kohle, sondern auch weniger Mangan als Spiegeleisen (die dem Spiegeleisen näher stehenden Sorten pflegen 3 bis 4% zu enthalten, die übrigen weniger); wenig Silizium (unter 1%); dagegen in einzelnen Fällen bis zu 3% Phosphor, während der Schwefelgehalt selten bedeutend ist.

Mit der Vervollkommnung des Bessemer- und später des Siemens-Martinprozesses trat für das Spiegeleisen ein ausgedehnter Konsum ein. Man benützt das Spiegeleisen, welches gewöhnlich eine Zusammensetzung von 83 bis 85% Eisen, 10 bis 12% Mangan, 4 bis 5% Kohlenstoff und Spuren von Schwefel, Phosphor und Silizium hat, um die fertig geblasene Bessemercharge oder den Siemens-Martinstahl von den darin enthaltenen Oxyden des Eisens, welche der Verarbeitung des Stahles sehr hinderlich sind, zu befreien. Das Mangan oxydiert sich nämlich unter allen Verhältnissen leichter als das Eisen und entzieht den gebildeten Sauerstoffverbindungen des Eisens den Sauerstoff. Ein Teil des im Spiegeleisen enthaltenen Kohlenstoffes wird nun allerdings auch zur Reduktion der Oxyde mit verbraucht, der Rest vermehrt aber den Kohlenstoffgehalt des fertigen Stahles und zugleich die Härte desselben. Da nun für viele Zwecke der Bessemer- und besonders der Siemens-Martinstahl sehr weich — sogenanntes Flußeisen — sein muß, so eignet sich zur Beseitigung der Oxyde am besten ein Metall mit möglichst viel Mangan. Der Kohlenstoffgehalt ist nämlich im Spiegeleisen gleich, einerlei ob 12, 24 oder noch mehr Prozente Mangan darin vorhanden sind. Verwendet man also z. B. statt des gewöhnlichen Spiegeleisens ein solches mit 24% Mangan, so hat man von diesem kaum die Hälfte nötig, um dieselbe desoxydierende Wirkung zu erzielen, die Kohlenstoffzunahme des fertigen Stahles muß mithin weit geringer sein als bei Anwendung des gewöhnlichen Spiegeleisens. Das Bestreben der Neuzeit ging nun dahin,

eine Metallegierung von Eisen und Mangan mit möglichst hohem Gehalt an letzterem Metall zu erzeugen — das Ferromangan — und bediente man sich anfangs hierzu der Tiegel, welche, mit passender Mischung und genügenden Reduktionsmitteln gefüllt, einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt wurden. Dieser Weg war zu teuer und die Produktion sehr gering; man ist dazu übergegangen, das Ferromangan, welches gewöhnlich mit einem Mangangehalte von 30 bis 75%, in seltenen Fällen sogar bis 80% in den Handel kommt, im Hochofen zu erblasen, und sind die Manipulationen annähernd dieselben, welche bei der Darstellung des Roheisens eingeschlagen werden. Große Sorgfalt ist auf die Auswahl der Erze zu legen, bei den hochmanganhaltigen Sorten müssen oft reine Braunsteine dem Hochofen zugeführt werden. Das Mangan hat die Eigentümlichkeit, daß es aus seinen Erzen nur schwer reduziert wird und sich sehr leicht wieder oxydiert. So enthält die abfließende Ferromanganschlacke stets 8 bis 14%, zuweilen sogar 20% Mangan als Oxydul und die entweichenden Hochofengase führen bedeutende Mengen von Manganoxyden fort, welche sich vor dem Gebläse aus dem Metalle bilden. Man sieht es dem aus den Schornsteinen des Hochofenwerkes entweichenden Rauch sofort an, sobald Ferromangan dargestellt wird. Während der Rauch bei den Eisensorten weiß oder annähernd weiß ist, so tritt beim Ferromangan ein intensiver, gelbbrauner Rauch auf. Sehr interessant sind die Kristallisationsverhältnisse des Ferromangans. Während ein Mangangehalt von 9 bis 12% das weiße Eisen grobspiegelig macht, nehmen diese Spiegelflächen mit zunehmendem Gehalt von Mangan mehr und mehr ab und verschwinden fast ganz bei 30% Mangan. Enthält das Metall 35% Mangan bis 38%, so treten die Kristalle in den Drusenräumen ähnlich wie beim Pyrolusit (Braunstein) in Prismen auf.

Die Darstellung des Ferromangans verlangt höchst manganhaltige Erze, starken Kalkzuschlag, großen Brennstoffaufwand und verlangsamten Gang der Hochöfen, gestattet daher nur geringe Produktion, ist infolge aller dieser Umstände sehr kostspielig und bedingt einen entsprechend hohen Verkaufspreis, der sich je nach der Höhe des Mangangehaltes richtet.

Graues Roheisen.

Das charakteristische Merkmal des grauen Roheisens besteht in einem Graphitgehalte von solcher Menge, daß er auf der Bruchfläche des Roheisens schon bei oberflächlicher Betrachtung dem unbewaffneten Auge deutlich erkennbar wird. Es wurde bereits oben darauf hingewiesen, daß jener Graphit als wirklicher, notwendiger Bestandteil des grauen Roheisens erst nach der Erstarrung desselben erscheint, beim Schmelzen des Roheisens gebunden oder gelöst wird. Diese Ausscheidung ist die Folge eines gleichzeitig anwesenden Siliziumgehaltes. Durch die Ausscheidung des Graphits enthält das graue Roheisen ein körniges Gefüge, bei welchem die Größe der Absonderungsflächen (die „Korngröße") mit dem Graphitgehalte zu wachsen pflegt. Sie ist also wie dieser teils von der chemischen Zusammensetzung des Roheisens, teils von Erstarrungsverhältnissen abhängig. Das graue Roheisen ist demnach im allgemeinen um so „grobkörniger", je mehr Kohlenstoff und Silizium nebeneinander auftreten und je langsamer die Abkühlung vor sich ging. Das graue Roheisen entsteht vorwiegend unter Verhältnissen, welche die Aufnahme von Kohlenstoff und Silizium nebeneinander befördern; also Erze mit nicht zu hohem Mangangehalte und nicht zu schwer reduzierbar (vorzugsweise Rot- und Brauneisenerze, geröstete Sphärosiderite u. a.); Magneteisenerze liefern infolge ihrer Schwerreduzierbarkeit ein silizium- und

kohlenstoffärmeres, gerade deshalb aber für einzelne Zwecke vorzüglich geeignetes graues Roheisen. Hohe Temperatur im Schmelzraume (durch Anwendung von Koks und hoch erhitzter Gebläseluft erreichbar), reichliches Verhältnis des Brennstoffes zum Erze, strengflüssige Schlacke, sind die Bedingungen für die Bildung grauen Roheisens. Diesen Entstehungsbedingungen entsprechend wachsen die Darstellungskosten und mit diesen der Preis.

Das graue Roheisen wird nach dem Graphitgehalte in mehrere Sorten unterschieden. Nr. I (tiefgraues Roheisen) ist das grobkörnigste, graphitreichste, 2 bis 3·5% Silizium, 3·5 bis 4·2% Kohle enthaltend. Nr. II (graues Roheisen) ist etwas weniger grobkörnig. Nr. III (lichtgraues Roheisen) ist durch seine bedeutend feinkörnigere Bruchfläche, welche übrigens gewöhnlich vollständig graue Farbe zeigt, charakterisiert. Es enthält in den meisten Fällen einen geringeren Siliziumgehalt als Nr. I und Nr. II und pflegt, sofern es aus der nämlichen Beschickung als diese Sorten erblasen ist, die Folge einer durch äußere Zufälligkeiten hervorgerufenen Abkühlung des Schmelzraumes des Hochofens zu sein. Nr. IV (halbiertes Roheisen) zeigt einen weißen Grund, auf welchem die einzelnen Graphitblättchen, entweder gleichmäßig verteilt oder zu einzelnen größeren Gruppen vereinigt, erkennbar sind. Es ist sehr feinkörnig, besitzt stets einen geringeren Silizium- und fast immer einen geringeren Kohlenstoffgehalt als die früher erwähnten Sorten und pflegt das Erzeugnis eines abnormen Schmelzganges zu sein.

Abgesehen von kleineren Mengen feinkörnigen, grauen Roheisens, welches im Puddelofen zu bestimmten Schmiedeeisensorten, z. B. Draht, verarbeitet wird, dient das graue Roheisen vorzugsweise zum Umschmelzen zu Gußware — Gießereiroheisen.

Bessemerroheisen ist dunkelgrau. Die Verwendung zu letzterem Zwecke bedingt einen sehr geringen Phosphorgehalt, der nicht über 0·08% gehen darf und einen höheren Gehalt an Silizium und Kohlenstoff, übergares Roheisen.

Für den Thomasprozeß wird phosphorreiches (etwa 2·5% P), meist weißes Roheisen verarbeitet.

II. Schmiedbares Eisen.

Nur ein verhältnismäßig kleiner Teil des im Hochofen dargestellten Eisens kommt als Gußeisen in mannigfacher Form, welche ihm meist nach dem Umschmelzen durch Gießen erteilt wird, zur direkten Verwendung. Das meiste Roheisen dagegen ist nur als Halbprodukt zu betrachten und wird, um es verarbeitungsfähig (hämmerbar) zu machen, weiteren Hüttenprozessen unterworfen, aus welchen es als schmiedbares Eisen hervorgeht.

Wir haben gesehen, daß wir bei der Darstellung des Roheisens im Hochofen keineswegs ein chemisch reines Eisen erhalten, sondern daß das Eisen bei der Reduktion aus den Erzen immer eine Reihe von Körpern aus

der Beschickung in sich aufnimmt. Hervortretend ist vor allem der Gehalt an Kohlenstoff. Je weniger Kohlenstoff (unter etwa 2·3%) das Eisen enthält, um so schmiedbarer ist es. Wollen wir also aus dem hochgekohlten Roheisen ein schmiedbares Produkt herstellen, so müssen wir seinen Kohlenstoffgehalt vermindern und da auch die übrigen im Hochofen in das Roheisen übergegangenen Körper, von denen besonders Silizium, Phosphor, Schwefel und Mangan zu nennen sind, die Schmiedbarkeit in gewissem Grade beeinträchtigen, so müssen auch diese Substanzen mehr oder weniger mit dem Kohlenstoff entfernt werden. Die Beseitigung dieser der Schmiedbarkeit des Eisens nachteiligen Körper geschieht nun durch Oxydation derselben, und wir können also ganz allgemein die Hüttenprozesse zur Darstellung des schmiedbaren Eisens als Oxydationsprozesse bezeichnen, im Gegensatze zu dem im Hochofen ausgeführten Reduktionsprozesse. Die einzige Ausnahme hiervon bildet die Darstellung des schmiedbaren Eisens direkt aus den Erzen, mit Umgehung des Roheisens, die Rennarbeit, welche zunächst wenigstens ein Reduktionsprozeß ist. Der Grad der Abscheidung der die Schmiedbarkeit verhindernden Körper ist bestimmend für die Schmiedbarkeit und die sonstigen physikalischen Eigenschaften des Eisens. Zunächst ist der Schmelzpunkt des schmiedbaren Eisens beträchtlich höher als derjenige des Roheisens und um so höher, je niedriger der Gehalt an Kohlenstoff ist; das spezifische Gewicht nimmt mit wachsender Entkohlung zu. Ferner besitzt das schmiedbare Eisen immer eine gewisse Weichheit und Zähigkeit, seine Zugfestigkeit ist viel größer als diejenige des Roheisens und erreicht ihr Maximum bei einem Kohlenstoffgehalte von etwa 1%, während die Druckfestigkeit geringer ist als beim Roheisen. Wir sehen deshalb auch im gewöhnlichen Leben, daß schmiedbares Eisen überall da Verwendung findet, wo es auf hohe Zug-, beziehungsweise Biegungsfestigkeit ankommt, daß dagegen Gußeisen meist benützt wird, wenn es sich um Beanspruchung von Konstruktionsteilen auf Druckfestigkeit handelt, wie z. B. bei Säulen. Das schmiedbare Eisen kristallisiert im regulären Systeme; je geringer der Kohlenstoffgehalt ist, um so leichter lassen sich die Kristalle durch Druck in der Richtung einer Achse ausstrecken, so daß wir schließlich die charakteristische, sehnige Struktur niedrig gekohlten Schmiedeeisens erhalten, während bei einem Kohlenstoffgehalte von 0·5% Sehnebildung aufhört und ein feinkörniger Bruch auftritt. Im schmiedbaren Eisen tritt der Kohlenstoff immer im chemisch gebundenen Zustande auf, und dasselbe zeigt je nach seinem Gehalte an Kohlenstoff und den oben benannten Körpern einen sehnigen Bruch (gewöhnliches Schmiedeeisen) oder einen mehr oder weniger feinkörnigen Bruch (Feinkorneisen und Stahl), im Gegensatze zu dem strahligen bis spiegeligen oder durch Graphitausscheidungen glänzend grobkörnigen Bruch des Roheisens.

Eine sehr wichtige Eigenschaft des kohlenstoffarmen schmiedbaren Eisens, welche allerdings nicht allen seinen Qualitäten gleich zukommt, ist die Schweißbarkeit des Eisens, welche gestattet, daß zwei Stücke des-

selben mit metallischer Oberfläche in der sogenannten Schweißhitze unter Druck zu einem Ganzen vereinigt werden können. Das Schweißen des Eisens ist wohl zu unterscheiden von dem Löten mittels anderer, leichter schmelzbarer Metalle, da das Schweißen immer unter Druck stattfindet. Das Eisen ist um so leichter schweißbar, je weiter die erforderliche Schweißhitze von seinem Schmelzpunkt entfernt liegt, und da der Schmelzpunkt mit abnehmendem Kohlenstoffgehalte steigt, so wird das kohlenstoffärmste Eisen — ceteris paribus — am besten schweißen. Die Schweißbarkeit des Eisens hört bei wachsendem Kohlenstoffgehalt viel früher auf als die Schmiedbarkeit, sie ist überhaupt nicht, wie vielfach angenommen wurde, eine notwendige Eigenschaft des schmiedbaren Eisens im technischen Sinne, obgleich sie das schmiedbare Eisen erst zu dem macht, was man im gewöhnlichen Leben „Schmiedeeisen“ nennt. Die Schweißbarkeit hängt, wie wir später sehen werden, sehr wesentlich von der Darstellungsmethode und den chemischen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens ab. Aus den angegebenen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens ergibt sich also im allgemeinen, daß es ein Material von umfassendster Verwendungsfähigkeit ist, und daher sehen wir es benützt zu den größten wie zu den kleinsten Konstruktionen, sowohl zum Bau der großartigsten Kriegsschiffe, Kanonen und Lokomotiven, als auch zur Herstellung des feinsten Nähnadeldrahtes. — Das kohlenstoffarme Eisen beherrscht mithin unsere ganze Kultur, daher kommt es denn auch, daß man im gewöhnlichen Leben unter „Eisen“ nur schmiedbares Eisen zu verstehen pflegt.

Die Überführung des Roheisens in schmiedbares Eisen, d. h. die Beseitigung der im Roheisen enthaltenen, die Schmiedbarkeit verhindernden fremden Stoffe, geschieht naturgemäß am raschesten und vollständigsten, wenn das Roheisen sich im flüssigen Zustande befindet. Die zur Darstellung des schmiedbaren Eisens aus flüssigem Roheisen dienenden Methoden bezeichnet man im allgemeinen als Frischprozesse. Im kleinen Maßstabe wird ferner auch schmiedbares Eisen aus Gußeisen ohne Schmelzung dargestellt; das Produkt bezeichnet man als schmiedbaren Eisenguß (siehe Gießerei).

Je nachdem das Produkt des Frischprozesses im teigigen, also festen, oder im flüssigen Zustande gewonnen wird, bezeichnet es die neuere Nomenklatur als Schweißeisen oder als Flußeisen. Bei dem gegenwärtigen Stande der Technik haben wir es mit folgenden vier Frischprozessen zu tun: 1. dem Herdfrischen, 2. dem Flammofenfrischen oder Puddeln, 3. dem Windfrischen, d. i. dem Bessemern und dem Thomasieren, 4. dem Siemens-Martinprozeß, wenn mit Zusatz von Oxyden gearbeitet wird.

Der Puddelprozeß und der Siemens-Martinprozeß sind, wie wir später sehen werden, indirekte Oxydationsprozesse, d. h. der Sauerstoff zur Verbrennung des Kohlenstoffes tritt nicht direkt aus der atmosphärischen Luft, sondern erst vermittels der Schlacke oder aus Oxyden an den letzteren,

während beim Herdfrisch- und Bessemerprozesse wenigstens großenteils direkte Oxydation stattfindet. Übrigens ist die Reihenfolge der Oxydation bei den verschiedenen Körpern im Roheisen, sobald dasselbe der Einwirkung des Sauerstoffes ausgesetzt ist, immer dieselbe und kann nur durch besondere Verhältnisse alteriert werden. Besonders die neueren Erfindungen und theoretischen Untersuchungen haben klargelegt, daß wir es bei allen Prozessen immer mit denselben chemischen Vorgängen zu tun haben; der technische Gesichtskreis ist dadurch ein viel weiterer geworden. Während man vor Jahren den Puddelprozeß und den Bessemerprozeß als grundverschieden betrachtete, steht heute fest, daß beide Prozesse auf denselben chemischen Grundlagen beruhen und nur in der Form der Ausführung verschieden sind.

Stellen wir uns der Einfachheit halber zunächst einmal vor, daß ein flüssiges Roheisen nur Kohlenstoff und Silizium enthalte, und lassen wir auf dieses Roheisen den Sauerstoff der Luft direkt einwirken, so wird zunächst neben Eisen immer das Silizium oxydiert und diese Oxydationsprodukte verbinden sich zu kieselsaurem Eisenoxydul $FeSiO_3$, der sogenannten Schlacke. Nach der Oxydation alles Siliziums wird nur Eisen verbrannt und es entsteht allmählich das Singulosilikat Fe_2SiO_4. Bei fortdauernder Einwirkung des Sauerstoffes oxydiert das Eisen zu der Doppelverbindung von Eisenoxydul und Eisenoxyd Fe_3O_4 (Hammerschlag). Diese Doppelverbindung löst sich nun in dem zuerst gebildeten kieselsauren Eisenoxydul auf, wodurch die Schlacke schwerer schmelzbar wird. Die Schlacke hat sich übrigens, da sie bei der Schmelztemperatur des Eisens hinreichend flüssig ist, von dem Eisen getrennt und schwimmt als spezifisch leichterer Körper über dem flüssigen Metallbade.

Der im Eisen enthaltene Kohlenstoff ist während der Oxydation des Siliziums nicht oxydiert worden. Der Prozentgehalt des Eisens an Kohlenstoff muß sogar noch gestiegen sein, da ja gleichzeitig Eisen oxydiert worden ist, während der Kohlenstoff nicht angegriffen wurde. Wir werden also nach der Verbrennung des Siliziums ein, nach Prozenten gerechnet, kohlenstoffreiches Eisen vor uns haben.

Sobald aber bei fortschreitender Einwirkung des Sauerstoffes in der beschriebenen Weise das gebildete Eisenoxyduloxyd (Hammerschlag) sich in dem kieselsauren Eisenoxydul aufzulösen beginnt, wirkt diese sauerstoffreiche Schlacke auf den Kohlenstoff des Eisens und verbrennt denselben zu Kohlenoxyd CO, während ein Teil des Eisenoxyduloxyds zu Eisen reduziert wird.

Wir sehen also, daß das Eisenoxyduloxyd den Sauerstoff der atmosphärischen Luft an den Kohlenstoff des geschmolzenen Eisens überträgt. Das Eisen wird nun, wenn der Sauerstoff weiter einwirkt, immer von neuem oxydiert, und daher auch die Entkohlung des Eisens indirekt immer weiter fortschreiten.

Die Oxydation des Eisens, des Siliziums und des Kohlenstoffes ist mit einer ganz beträchtlichen Wärmeentwicklung verbunden. Eisen und

Silizium bilden, wie wir sahen, kieselsaures Eisenoxydul und die dabei entstehende Wärme überträgt sich vollständig auf das Metallbad und die darüber stehende Schlacke. Die Verbrennungswärme des Siliziums ist eine so bedeutende, daß dasselbe beim Bessemerprozesse, wie gezeigt werden wird, vollständig die Stelle des Brennmaterials vertritt. Die bei der Oxydation des Kohlenstoffes zu Kohlenoxyd CO gebildete Wärmemenge ist lange nicht so groß und ist auch für den Prozeß von nur geringem Werte, da das Kohlenoxyd als Gas sofort aus dem Metallbade entweicht und Wärme abführt, während das kieselsaure Eisenoxydul als Schlacke über dem Eisen stehen bleibt. Wir folgern demnach, daß ein Frischprozeß um so wärmer verlaufen wird, je größer unter sonst gleichen Umständen der Siliziumgehalt des Roheisens war. An die Stelle des Siliziums tritt beim Thomasprozesse teilweise der Phosphor.

Stellen wir uns weiter vor, daß das eingeschmolzene Roheisen neben Silizium und Kohlenstoff auch einen gewissen Prozentsatz von Mangan enthalte, so wird dadurch der Verlauf des Frischprozesses wesentlich beeinflußt und die Qualität des erzielten Produktes verbessert. Das Mangan verbrennt nämlich viel leichter als Eisen, und so wird sich das Mangan größtenteils im Anfange der Einwirkung des Sauerstoffes der Luft noch vor dem Eisen oxydieren und mit der gebildeten Kieselsäure das kieselsaure Manganoxydul bilden, welches viel leichtflüssiger ist als das Eisensilikat. Man sollte bei der leichten Oxydierbarkeit des Mangans annehmen, daß sämtliches Mangan des Roheisens verschlackt sein müsse, ehe eine Spur von Eisen in die Schlacke übergeht. Die Praxis zeigt indessen, das von Anfang an die Schlacke neben Mangan auch Eisen enthält, und daß auch Spuren von Mangan selbst in dem fertigen Frischeisen vorhanden sind, obgleich das Mangan außer durch direkte Einwirkung des Sauerstoffes auch durch das im Laufe des Frischprozesses sich bildende Eisenoxyduloxyd leicht oxydiert wird. Wir erklären diese Tatsache dadurch, daß die Berührung des Sauerstoffes mit den Manganmolekülen unvollständig ist, und daß bei der geringen Menge des Mangans nicht alle Manganmoleküle vom Sauerstoffe getroffen werden. Im allgemeinen aber können wir sagen, daß manganhaltiges Roheisen stets eine von vornherein stark manganhaltige Schlacke liefert. Dieses kieselsaure Manganoxydul $MnSiO_3$ ist indessen nicht gleich dem kieselsauren Eisenoxydul ein Lösungsmittel für das bei fortschreitender Einwirkung des Sauerstoffes sich bildende Eisenoxyduloxyd, welches die Entkohlung des Roheisens bewirkt, so daß also das letztere sich nicht gleichmäßig in der Schlacke verteilen kann und seine Wirkung mindestens zunächst unvollständig sein muß. Dies ist der Grund, warum manganhaltiges Roheisen beim Frischprozesse viel langsamer entkohlt wird als manganfreies Eisen, und da, wie wir sehen werden, die schädlichen Beimengungen Schwefel und Phosphor um so vollständiger entfernt werden, je länger der Frischprozeß dauert, so wird der Mangangehalt des Roheisens auch auf die Qualität des Frischproduktes

einen günstigen Einfluß ausüben. Hierzu trägt noch die Leichtflüssigkeit manganhaltiger Eisenschlacken bei, infolge deren wir, — da sie sich leichter vom Eisen trennen als reine Eisenschlacken und die Eisenmoleküle auch vollständiger umhüllen und so während des Prozesses vor zu weit gehender Oxydation schützen —, ein schlackenfreieres Frischprodukt erhalten, als aus manganfreiem Roheisen. Da die Entkohlung des manganhaltigen Roheisens sehr langsam vor sich geht, so wird man auch sicherer einen bestimmten Kohlungsgrad des Produktes erreichen können. Daher ist ein Mangangehalt des Roheisens bei dem Puddeln auf Stahl und Feinkorneisen notwendig.

Das Gesagte bezieht sich bezüglich der langsameren Entkohlung manganhaltigen Roheisens nur auf den indirekten Oxydationsprozeß, nicht aber auf den Bessemerprozeß, bei welchem der Kohlenstoff vom Sauerstoff zumeist direkt verbrannt wird. Bei beiden Prozessen aber kommt die bei der Bildung des kieselsauren Manganoxyduls entstehende Verbrennungswärme dem Prozesse zugute.

Da bei der Darstellung des Roheisens im Hochofen der ganze in der Beschickung enthaltene Phosphor in das Eisen übergeht, so haben wir es, wenn nicht phosphorfreie Erze verwandt wurden, bei der Darstellung des schmiedbaren Eisens fast immer mit phosphorhaltigem Roheisen zu tun. Der Phosphor aber ist dem schmiedbaren Eisen, besonders den höher gekohlten Qualitäten, selbst in sehr geringer Menge außerordentlich nachteilig und stellt seine Verwendbarkeit in Frage, so daß eine Hauptaufgabe der Frischprozesse die Beseitigung des Phosphors aus dem Roheisen ist. Die Thomas'sche Methode der Entphosphorung im Bessemerofen hat alle früheren Meinungen über das Erreichen dieses Zieles dahin richtiggestellt, daß eine möglichst basische, also kieselsäurefreie Schlacke das einzige Mittel ist, den Phosphor des Roheisens vollständig in die Schlacke überzuführen. Da indessen der Kohlenstoff nach der Verbrennung des Siliziums die eisenoxydulreiche Schlacke, wie wir gesehen haben, reduziert, so wird die Oxydation und Abscheidung des Phosphors hauptsächlich erst nach erfolgter Entkohlung geschehen. Die Verbrennungswärme des Phosphors ist sehr bedeutend und überträgt sich vollständig auf das Metallbad, so daß beim Thomasprozesse der Phosphor direkt als Brennmaterial an Stelle des Siliziums, welches beim Bessemerprozesse die Wärme liefert, tritt.

Auch der im Roheisen enthaltene Schwefel hat sehr nachteiligen Einfluß auf das schmiedbare Eisen, so daß seine Überführung in die Schlacke sehr erwünscht ist. Der Schwefel wird durch Sauerstoff direkt oder durch Eisenoxyde indirekt zu schwefliger Säure verbrannt. Je länger der Frischprozeß dauert, um so besser gelingt die Abscheidung des Schwefels, und deshalb kann ein Mangangehalt des Roheisens in dieser Beziehung günstig wirken, weil der Prozeß verlängert wird.

Schweißeisen und Schweißstahl.

Das Schweißeisen und der Schweißstahl werden beim Herdfrischen und Puddeln im teigigen Zustande gewonnen, und die Herstellung kompakter Massen aus den einzelnen Eisenkörnern setzt Schweißbarkeit dieses Produktes voraus. Das Schweißeisen ist vermöge seiner Darstellung immer mehr oder weniger mit einer Schlacke gemengt, welche die oxydierten Verunreinigungen des Roheisens und außerdem einen beträchtlichen Prozentsatz von oxydiertem Eisen enthält und bei der Formgebung durch Hämmern und Walzen, zum großen Teile von Eisen getrennt, ausgepreßt wird. Das Flußeisen dagegen, bei dessen Darstellung die beiden Flüssigkeiten, das Eisen und die Schlacke, sich vermöge ihres verschiedenen spezifischen Gewichtes streng voneinander trennen, enthält fast keine Schlacke. Man kann annehmen, daß das gewöhnlich in den Handel kommende schmiedbare Schweißeisen 96 bis 97% metallisches Eisen und 3 bis 4% andere Stoffe, darunter etwa 3% Schlacke enthält.

Das Schweißeisen ist bei geringem Kohlenstoffgehalte (bis etwa 0·4%) nicht härtbar, d. h. es läßt sich nach dem Erhitzen auf Rotglut und dann folgendem plötzlichen Abkühlen ebensogut mit der Feile bearbeiten wie vorher. Bei höherem Kohlenstoffgehalte dagegen zeigt das Fabrikat, dann Schweißstahl genannt, eine entschiedene Härtbarkeit. Nach dem Kriterium der Härtbarkeit unterscheidet die neuere Nomenklatur nicht härtbares Schweißeisen, welches gewöhnlich als Schmiedeeisen schlechtweg bezeichnet wird, und härtbares, zu welchem der im teigigen Zustande gewonnene Stahl gehört. Das gewöhnliche Schmiedeeisen hat also den geringsten Kohlenstoffgehalt, dann folgt das Feinkorneisen und der Stahl, welch' letzterer bis 2·3% Kohlenstoff, wobei die Schmiedbarkeit aufhört, enthalten kann. Der Praktiker unterscheidet diese drei Qualitäten wesentlich nach dem Aussehen ihres Bruches, indem ein sonst reines Schmiedeeisen die charakteristische sehnige Struktur zeigt, während Feinkorneisen und Stahl ein mit wachsendem Kohlenstoffgehalte immer feinkörniger werdendes Gefüge aufweist. Übrigens wird die Struktur aller drei Sorten außer durch Kohlenstoff auch durch andere Beimengungen beeinflußt. So wird z. B. durch Silizium die Härte und Sprödigkeit des Eisens vergrößert; Phosphor dagegen wirkt auf Bildung grobkörniger Struktur und bringt den sogenannten Kaltbruch hervor, bei welchem das Eisen geringe Festigkeit und große Sprödigkeit besitzt; Schwefel ferner bewirkt den sogenannten Rotbruch des Eisens, d. h. das Material besitzt in der Rotglut geringe Festigkeit. Übrigens ist der Einfluß dieser Metalloide sehr wesentlich von dem Kohlenstoffgehalte des Eisens abhängig, indem kohlenstoffarmes Eisen unter sonst gleichen Umständen mehr Beimengungen verträgt als ein kohlenstoffreicheres Produkt.

Wollen wir nun aus dem Roheisen ein brauchbares Schweißeisen darstellen, so muß der Prozeß auf die Oxydation des Kohlenstoffes und der schädlichen Beimengungen des Roheisens hinauslaufen. Wird die Entkohlung durch Mangangehalt begrenzt, so erhalten wir Stahl, beziehungsweise Fein-

korneisen, während bei vollständiger Entkohlung Schmiedeeisen von sehnigem Bruche oder bei phosphorhaltigem Roheisen Grobkorn sich bildet. Dieser Oxydationsprozeß, bei welchem wir nach Belieben alle drei Sorten von Schweißeisen darstellen können, wird in dem Frischherde oder in dem Puddelofen ausgeführt.

Jedes härtbare Schweißeisen ist Stahl, jedes nicht härtbare entweder gewöhnliches (sehniges) Schmiedeeisen, Feinkorneisen oder Grobkorneisen. Die Erzeugung des Schweißeisens erfolgt entweder durch das Herdfrischen oder Frischen im engeren Sinne oder durch das Flammofenfrischen oder Puddeln.

Bei beiden Prozessen wird durch die Einwirkung des Sauerstoffes auf das geschmolzene Roheisen zunächst das im Roheisen enthaltene Silizium oxydiert. Es entsteht Kieselsäure, welche mit dem gleichfalls sich bildenden Eisenoxydul eine Schlacke bildet.

Beim Herdfrischen schmilzt das Roheisen so nieder, daß die Tropfen durch den von einer Düse kommenden Wind in den Herd fallen. Die den Herd füllende Holzkohle kommt in unmittelbare Berührung mit dem Eisen.

Beim Puddeln wird das Roheisen durch die Flamme des Brennmaterials, welches räumlich geschieden ist, eingeschmolzen, das Roheisen füllt eine Mulde des Ofens, auf dasselbe wirkt die Flamme, beziehungsweise der in derselben enthaltene freie Sauerstoff ein. Rühren befördert die Einwirkung. Bei diesem langsamen Einschmelzen unter reichlichem Luftzutritte erfolgt die Oxydation des im Eisen enthaltenen Siliziums zu Kieselsäure, welche mit gleichfalls gebildetem Eisenoxydul eine Schlacke bildet, die Rohschlacke $Fe_2Si_2O_6$ (Bisilikat), und heißt diese Periode die der Schlackenbildung (Feinperiode). Im weiteren Verlaufe nimmt die Rohschlacke mehr Eisenoxydul auf und geht in die Garschlacke Fe_2SiO_4 (Monosilikat) über. Dieser Teil des Prozesses, in welchem die Entkohlung des Roheisens bereits beginnt, heißt Periode des Rohfrischens. Die Garschlacke löst weitere Mengen von Eisenoxyduloxyd auf und wirkt nun um so kräftiger entkohlend auf das Roheisen, welches schließlich in Schmiedeeisen umgewandelt ist; diese Periode heißt Garfrischen.

Bei dem Herdfrischen[1]) sind die drei Perioden meist durch dreimaliges besonderes Einschmelzen (Dreimalschmelzerei) gekennzeichnet und gleichsam voneinander getrennt. Beim Puddeln ist die erste Periode das Einschmelzen, die zweite Periode ist durch Kohlenoxydgasentweichung aus dem noch dünnflüssigen Bade (kochende Bewegung des Bades) gekennzeichnet, und in der dritten ist die Masse schon dickflüssig und wird immer breiiger, dem Rühren großen Widerstand entgegensetzend.

Die Entkohlung kann als sekundärer Prozeß bezeichnet werden, indem der Sauerstoff der Luft nicht unmittelbar auf die Kohle, welche im Roheisen enthalten ist, wirkt, sondern der im Eisenoxydul enthaltene Sauer-

[1]) Ausführliches siehe Tunner, Stabeisen und Stahlbereitung. Freiburg 1858.

stoff den Kohlenstoff in Kohlenoxydgas verwandelt. Beim Frischen und Puddeln nimmt die Garschlacke (Monosilikat) in der Garfrischperiode weitere Mengen von Eisenoxyduloxyd auf und wirkt hierdurch kräftiger oxydierend auf den im Eisen noch enthaltenen Kohlenstoff, und zwar um so kräftiger, je mehr Fe_3O_4 in der Schlacke gelöst ist. Mit dem abnehmenden Kohlenstoffgehalt wird das Eisen auch weniger leichtflüssig; es geht aus dem geschmolzenen Zustande in einen teigigen über. In diesem Zustande bildet es kleine Partikelchen, die bei den mit dem Prozesse (Herdfrischen und Puddeln) verbundenen mechanischen Arbeiten sich aneinander hängen und sich zu einem Ballen, Luppe, vereinigen.

Beim Herdfrischen wendet man als Apparat den Frischherd an, welcher aus einer nicht sehr großen, mit dicken Eisenplatten ausgelegten Grube besteht, in welche die Düse *d* (Abb. 77) eines Gebläses mündet. In

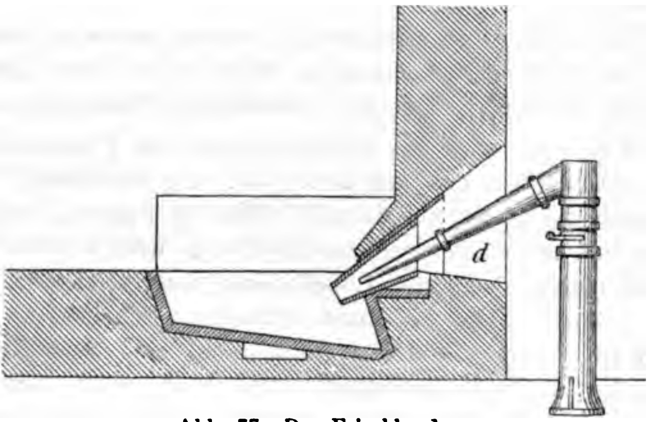


Abb. 77. Der Frischherd.

diesen Herd wird zuerst Holzkohle zum Verbrennen und auf die Kohle dann das einzuschmelzende Roheisen gebracht. Das Roheisen tropft vor dem Winde und durch die vom Winde erzeugte Flamme hindurch und sammelt sich am Herdboden an. Es ist ein Gemenge von geschmolzenem, bereits verändertem Roheisen und Rohschlacke. Diese Masse wird aufgebrochen, wieder auf die Kohle hinaufgehoben und neuerlich eingeschmolzen. Aus der Rohschlacke bildet sich nun Garschlacke, die weiter Eisenoxydul aufnimmt und in Wechselwirkung das Roheisen entkohlt. Durch ein drittes Aufbrechen und Niederschmelzen wird die Entkohlung des Eisens bis zur Bildung schmiedbaren Eisens gebracht. Das an der Herdsohle sich sammelnde Material ist schon teigig. Es wird mit einer Stange zusammengedrückt und zur Luppe geformt.

Statt des dreimaligen Einschmelzens kann bei sehr kohlenstoffreichem Roheisen ein viermaliges erforderlich sein, bei kohlenstoffarmem Eisen auch ein zweimaliges genügen. Die Neigung der Düse (Richtung des Windes) und die Lage der Bodenplatte (Bodenzacken) sind von Einfluß.

Zum Frischen wird nur weißes Roheisen verarbeitet; wollte man graues

benützen, so müßte durch ein vorgängiges Umschmelzen unter kräftiger Windwirkung (Feinen) das graue Roheisen in weißes verwandelt werden.

Das Herdfrischen wird jetzt nur an wenigen Orten betrieben, weil die Operation des Puddelns und noch weit mehr das Bessemern und Thomasieren schmiedbares Eisen in weit größeren Quantitäten liefert. Für gewisse Zwecke eignet sich das im Herd gefrischte Eisen ausgezeichnet, und man hat vor einiger Zeit wieder manche Frischfeuer eröffnet. Aus sehr reinem Roheisen bekommt man durch das Herdfrischen besonders reines, zähes Schweißeisen oder Frischstahl, denn das Brennmaterial (Holzkohle) gibt zu keiner Verunreinigung des Produktes Anlaß.

Wesentlich anders ist sowohl die äußere Form des Ofens als die Manipulation beim Puddeln, wenn auch der chemische Vorgang derselbe ist. Beim Puddeln ist derjenige Raum, in welchem das Eisen eingeschmolzen wird, vom Brennmaterial getrennt. Man läßt nur die Flamme des Brennmaterials auf das einzuschmelzende Eisen einwirken, und daher ist die Möglichkeit geboten, minderwertiges Brennmaterial, wie Stein- oder Braunkohle zu verwenden.

Im Puddelofen wird das Roheisen zu einem flachen Bade eingeschmolzen und die Entkohlung des Roheisens geschieht dadurch, daß die mit den Feuerungsgasen in den Arbeitsraum eintretende atmosphärische Luft durch mechanische Arbeit mit dem Eisen in Berührung gebracht wird. Diese mechanische Arbeit, welche hauptsächlich in einem Umrühren (puddling) des eingeschmolzenen Roheisens mittels eines Hakens (Krücke) besteht, ist erforderlich, weil sich sofort bei der Einwirkung von Sauerstoff auf flüssiges Roheisen eine vermöge ihres geringeren spezifischen Gewichtes über dem Eisen stehende Schlacke bildet, welche ohne dieses Umrühren die weitere Oxydation des Eisens verhindern und also die Entkohlung des Eisens stören würde. Man hat vielfache Versuche gemacht, das Umrühren des flüssigen Eisens und der gebildeten Schlacke, welches der Puddler mit seinem Haken besorgt, durch Haken zu bewirken, welche maschinell bewegt wurden, oder denselben Zweck durch Rotation des ganzen Arbeitsraumes zu erreichen gesucht, indessen sind diese Versuche, die Handarbeit entbehrlich zu machen, nur von beschränktem Erfolge gewesen, so daß auch heute noch fast ganz allgemein der Puddelprozeß auf Handarbeit beruht. Die Erfindung des Puddelns, welche der Engländer Henry Cort im Jahre 1784 sich patentieren ließ, war von ganz bedeutendem Einflusse auf die Zivilisation, weil bis 1860 die Darstellung des schmiedbaren Eisens fast ausschließlich im Puddelofen erfolgte. Erst Cort machte die Verwendung fossiler Brennmaterialien für den Frischprozeß möglich, während man beim Herdfrischprozesse nur Holzkohlen verwenden konnte, und so ist denn auch der Bergbau in großartiger Weise durch die Einführung des Puddelns gefördert worden. Der ursprüngliche Cort'sche Puddelofen hatte einen Sandboden, auf welchem das in einem besonderen Vorbereitungsprozesse gefeinte (von seinem Gehalt an Silizium befreite) Roheisen gepuddelt wurde.

Da nun aus dem Sandboden während des Prozesses immer neue Mengen von Kieselerde in die gebildete Schlacke übergehen, so wird sich kieselsaures Eisenoxydul, aber nur wenig Eisenoxyduloxyd Fe_3O_4 bilden, welches letztere den Sauerstoff der Verbrennungsluft an die im Eisen enthaltenen Körper überträgt. Wir erhalten hier daher keine stark basische Schlacke, und so kann nur die Entkohlung des Roheisens vor sich gehen, während Phosphor und Schwefel, welche zu ihrer Beseitigung stark basische Schlacke erfordern, im Eisen zurückbleiben. Das im Cort'schen Ofen erhaltene Schweißeisen mußte also, falls nicht ein absolut phosphor- und schwefelfreies Roheisen verwandt wurde, sehr nachteilige Eigenschaften bei seiner weiteren Verarbeitung zeigen, und so war es ein bedeutender Fortschritt, als Samuel Baldwyn Rogers im Jahre 1818 die Anwendung eiserner Böden mit einem Futter aus Eisenoxyden vorschlug. Man ging damit prinzipiell von der sauren zu der basischen Ausfütterung des Herdes über, erreichte dadurch die Bildung einer stark basischen Schlacke, die vollständigere Oxydation der Verunreinigungen des Roheisens und somit ein besseres Schmiedeeisen. Mit der Anwendung eiserner Böden und des Schlackenherdes auf denselben war der richtige Weg gefunden, und so sehen wir auch heutzutage noch das Schlackenpuddeln nach demselben Prinzip in Anwendung, während das Trockenpuddeln auf dem Sandboden mit seinen zur Entsilizierung des Eisens notwendigen Vorbereitungsprozessen ganz verlassen wurde. Die Verbesserungen, welche seit Rogers beim Puddeln eingeführt wurden, beziehen sich nicht auf das von Rogers befolgte Prinzip, sondern nur auf die Kühlung der Herdwände, auf die Vervollkommnung der Feuerung und die Ausnützung der Abhitze des Puddelofens. Richtige theoretische Anschauungen aber über den Verlauf des Puddelprozesses haben sehr lange nach Einführung des Prozesses auf sich warten lassen; erst in den Sechzigerjahren fing die Chemie an, sich mit theoretischen Untersuchungen über den Gang des Puddelprozesses zu beschäftigen, und erst seit dieser Zeit datiert der allgemeine Gesichtspunkt, unter welchem man jetzt alle Frischprozesse zusammenfaßt, die Beseitigung vieler Geheimniskrämereien und die Sicherheit und Gleichmäßigkeit in der Produktion.

Die noch gegenwärtig übliche Einrichtung eines Puddelofens zeigt Abb. 78, sie besteht der Hauptsache nach in folgendem. Der Ofen ist ein Flammofen, dessen Hauptteil *H* von dem auf einer gußeisernen, hohl liegenden Platte ruhenden Schlackenherd gebildet wird. Der Herd *H*, etwa 1·4 bis 1·7 *m* lang, an der der Feuerung zugewandten Seite etwa 1 *m*, in der Mitte seiner Länge etwa 1·5 *m* und an der hinteren Seite des Ofens etwa 0·6 *m* breit, wird von durch Wasser oder Luft gekühlten Rändern eingefaßt. Feuerung *F* und Herd *H* sind durch die aus Gußeisen bestehende, meist durch Wasser gekühlte Feuerbrücke *b* getrennt; parallel mit der Feuerbrücke quer durch den Ofen läuft die Fuchsbrücke *c*, welche ebenfalls aus Gußeisen besteht, durch Wasser gekühlt wird und den Abschluß zwischen Herd und Fuchs, d. h. dem die Feuergase ableitenden Zuge, bildet. Fuchs- und Feuerbrücke sind meist 250 bis 300 *mm* hoch.

Der Horizontalquerschnitt des Herdes muß sich zunächst nach der Zweckmäßigkeit der Feuerführung richten und nach der Zugänglichkeit aller Teile des Herdes vermittels des in die Arbeitstür eingeführten Gezähs des Arbeiters. Mit Rücksicht hierauf gibt man dem Herde im allgemeinen die Form eines länglichen Rechteckes, dessen der Arbeitstür gegenüberliegende Seite einen flachen, nach der Fuchsbrücke abfallenden Bogen bildet, und dessen zwei andere Ecken abgestumpft sind. Die hintere und vordere Begrenzung des Herdes wird durch gußeiserne Platten von gleicher Höhe wie Feuer- und Fuchsbrücke gebildet, welche meist durch Luft gekühlt werden. Der ganze Herdraum wird von einem Tonnengewölbe aus feuerfestem Material überspannt, dessen Höhe über der Bodenplatte des Herdes an der Feuerbrücke etwa 80 *cm* und an der Fuchsbrücke etwa 50 *cm* beträgt. Der eigentliche Herd besteht aus Schlacke, welche muldenförmig eingeschmolzen wird und in der Mitte des Herdes etwa 5 *cm* Dicke hat.

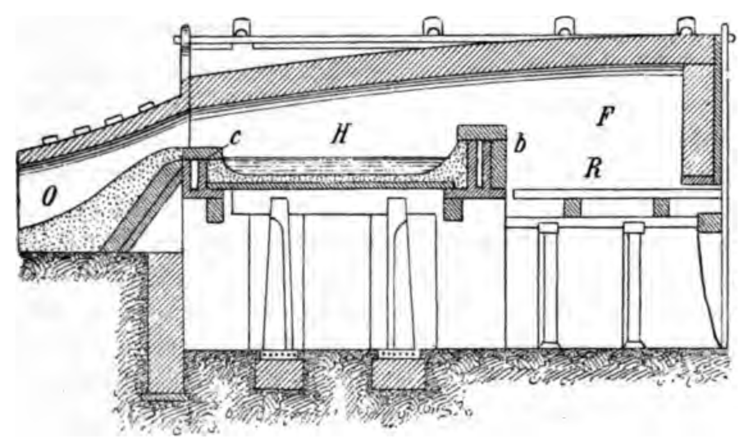


Abb. 78. Der Puddelofen.

Die Herddimensionen richten sich übrigens sehr wesentlich nach der Art des zur Verwendung stehenden Brennmaterials und nach der Größe des Einsatzes an Roheisen, da es beim Frischprozesse naturgemäß darauf ankommt, dem Eisen eine große Oberfläche zu geben, um alle Eisenteilchen möglichst gleichmäßig mit der oxydierenden Schlacke in Berührung bringen zu können.

Man puddelt in demselben Ofen sehniges, feinkörniges und stahlartiges Schweißeisen. Als Material (zum Einschmelzen) des Herdes dient Schweißschlacke in Mischung mit sehr eisenhaltiger Puddelschlacke, welche man durch Zusatz von Hammerschlag schwer schmelzbar macht. Am besten ist es, nach dem Einschmelzen dieser Schlacke eine Partie gutes Eisenschrot in den Ofen zu bringen und zu verschlacken, damit der Herd möglichst eisenhaltig und damit schwer schmelzbar wird.

Die Art der Feuerung des Puddelofens ist natürlich wesentlich von dem zu verwendenden Brennmaterial abhängig, und so wendet man Planroste, Treppenroste oder Gasfeuerungen an.

Ein sehr wichtiger Ofenteil ist der Fuchs, in welchen die im Herdraume verbrannten Feuergase eintreten. In neuerer Zeit führt man den Fuchs nicht mehr wie früher nach abwärts, sondern gibt demselben vom Ofen an eine geringe Steigung. Der Querschnitt des Fuchses muß, um das Feuer dem Prozesse entsprechend führen zu können, in richtigem Verhältnisse stehen zur freien Rostfläche, damit die Feuergase weder zu schnell noch zu langsam aus dem Herdraume entweichen. Der Puddler pflegt den Querschnitt des Fuchses (etwa $^1/_{10}$ der Rostfläche), welcher übrigens ebenfalls aus feuerfestem Material besteht, durch Einfüllen oder Herausnehmen von Sand dem Ofengange entsprechend zu regulieren. Aus dem Fuchs treten die Feuergase nun, um die

Abhitze des Ofens auszunützen, unter einen liegenden oder um einen stehenden Dampfkessel, und dann in die Esse, und so liefert ein Puddelwerk bei guter Kesselkonstruktion mehr Dampf als es für seine Betriebsmaschinen erfordert. Der Fuchs wird, um seine Höhe beliebig ändern zu können, nicht mit festem Gewölbe, sondern mit einzelnen Kappen gedeckt, welche leicht während des Betriebes abzunehmen und in ihrer Höhenlage zu verändern sind.

Die Arbeitstür des Ofens befindet sich über der Mitte des Herdes; das Gezäh des Puddlers wird durch eine kleine Öffnung in der Arbeitstür in den Herdraum eingeführt. Die Arbeitstür ist innen mit feuerfestem Material ausgekleidet. Der ganze Ofen ist mit gußeisernen Platten umgeben und allseitig gut verankert. Die Asche der Feuerung fällt bei neueren Werken in den unterirdisch gelegenen Aschenkasten, um von dort durch einen unter dem ganzen Werke fortlaufenden Kanal auf die Halde befördert zu werden. Am Puddelofen sind je nach den lokalen Verhältnissen zwei bis drei Mann beschäftigt; der Betrieb wird nur alle acht oder vierzehn Tage behufs Reparatur der Öfen unterbrochen.

Stellen wir uns nun einen vorgewärmten Ofen mit fertigem Schlackenherde vor und betrachten wir die Verhältnisse, welche beim Einbringen einer Charge Roheisen in den Herdraum entstehen. Zunächst wird schon während des Schmelzens des Roheisens neben Eisen und etwa vorhandenem Mangan das Silizium oxydiert und es entsteht eine Schlacke von kieselsaurem Eisen-, beziehungsweise Manganoxydul, welche sich über dem Eisenbade ansammelt und das Eisen vor weiterer Verbrennung durch die oxydierende Flamme schützt. Der Mangangehalt des Roheisens ist während der Einschmelzperiode fast vollständig verschlackt worden, der Gehalt an Kohlenstoff ist aber derselbe geblieben, ja infolge der Verschlackung von Eisen prozentisch noch gestiegen. Nachdem nun die Temperatur des Eisenbades besonders infolge der Oxydation des Siliziums beträchtlich gestiegen ist, beginnt der Puddler mit seinem Haken das Eisenbad zu durchrühren, wobei sich aufs neue Eisen oxydiert, und zwar zu Eisenoxyduloxyd Fe_3O_4, welches sich in der Schlacke auflöst und den Kohlenstoff des Eisens zu Kohlenoxyd CO verbrennt. Man erkennt die eintretende Verbrennung des Kohlenstoffes sofort an dem heftigen Aufwallen des Eisenbades. Diese Periode des Puddelprozesses, während welcher der Kohlenstoff des Roheisens verbrennt, bezeichnet man als die Kochperiode (Rohfrischen). Die Dauer derselben bestimmt wesentlich die Qualität des Frischproduktes; die Oxydation des Kohlenstoffes wird um so langsamer vor sich gehen, je manganreicher das Roheisen war. Hat das Aufkochen des Eisenbades den höchsten Grad erreicht, so zeigt eine aus dem Ofen genommene Probe bereits einigermaßen geschmeidige Eisenkörner. Die Einschmelzperiode und die Rohfrisch- oder Kochperiode dauern bei einem Einsatze von 250 bis 300 *kg* gewöhnlichen weißen Puddelroheisens etwa je 35 Minuten. Nach der Verbrennung des Kohlenstoffes beginnt die Garfrischperiode. Die Eisenmasse, welche jetzt aus kleinen, gefrischten Körnchen besteht, kann nicht mehr mit dem Haken gerührt, sondern muß mit der Spitze bewegt werden. Es beginnt damit das sogenannte Umsetzen, bei welchem das Eisen in kleinen, zusammengefritteten Ballen zwischen der Schlacke im Ofen von einer Seite zur andern bewegt wird. Während dieser Zeit, also nach der

Entkohlung, wird der meiste Phosphor verschlackt, und man weiß, daß die Qualität des Frischeisens um so besser wird, je feiner und öfter umgesetzt wurde. Diese Periode des Prozesses entspricht vollständig, wie wir später sehen werden, dem sogenannten „Nachblasen" beim Thomasprozeß im basischen Konverter, wo auch die Entphosphorung hauptsächlich erst nach erfolgter Entkohlung des Metallbades stattfindet. Nachdem nun beim Umsetzen je nach der zu erzielenden Qualität mehrere Spitzen warm gemacht sind, beginnt endlich das Luppenmachen, bei welchem die Eisenkörnchen zu einigen größeren Ballen, den Luppen, vereinigt werden. Mit dem Herausbringen der Luppen aus dem Ofen ist der Puddelprozeß beendigt.

Die aus dem Puddelofen ausgebrachten Luppen werden nun zunächst unter dem Dampfhammer zu quadratischen Kolben ausgeschmiedet, wobei ein großer Teil der aus dem Ofen mitgenommenen Schlacke ausgepreßt wird und alsdann unter dem Luppenwalzwerk zu meist flachen Stäben, den Rohschienen, ausgewalzt. Bezüglich der Produktionsverhältnisse finden wir, daß vom Roheisen bis zu den ausgewalzten Luppen ein Abbrand von 9 bis 14%, je nach Qualität des Roheisens zu konstatieren ist. Der Einsatz beträgt 200 bis 300 *kg*, die Zahl der Chargen sechs bis acht in zwölf Stunden und die Produktion 1500 bis 2000 *kg* in zwölf Stunden, je nach der Qualität des Roheisens und des zu erzielenden Luppeneisens. Der Kohlenverbrauch stellt sich auf etwa 750 bis 1000 *kg* auf 1000 *kg* ausgewalzte Luppen oder Rohschienen.

Der Puddelprozeß liefert nur Halbfabrikat, welches vor der weiteren Verarbeitung genau nach Qualitäten sortiert werden muß. Die Beurteilung dieser Qualitäten geschieht im praktischen Leben nach dem Aussehen des Bruches der gewalzten Luppenstäbe, Rohschienen. Die schlechteste Qualität ist der sogenannte Kaltbruch, ein Material von ganz grobkörnigem Bruche, welcher besonders durch zu hohen Phosphorgehalt hervorgerufen wird. Dann folgt das mehr oder weniger langsehnige Eisen von der charakteristischen sehnigen Struktur, welches die meiste Verwendung findet. Wurde die Entkohlung des Roheisens infolge Mangangehaltes im Puddelofen verzögert, so finden wir den Bruch der Rohschienen je nach dem Gehalte an Kohlenstoff mehr oder weniger feinkörnig und unterscheiden hiernach Puddelstahl und Feinkorneisen. Das genaue Sortieren des Luppeneisens ist zur Erzielung gleichmäßiger Qualitäten fertigen Schweißeisens von größter Wichtigkeit. Aus dem Luppeneisen (Rohschienen) werden Pakete gebildet, welche man in dem Schweißofen erhitzt und alsdann zwischen Walzen in die verlangte Form bringt.

Der Schweißofen, welcher vielfach mit Gasfeuerung versehen ist oder mit Unterwind arbeitet, gehört wie der Puddelofen zu der Gruppe der Flammöfen und unterscheidet sich in äußerer Größe und Form nicht sehr wesentlich von dem Puddelofen. Der Herd des Schweißofens aber besteht aus einem flachen Sandboden, auf welchem die Pakete je nach Bedürfnis der Stichflamme des Ofenfeuers mehr oder weniger ausgesetzt werden, damit sie in die gehörige Schweißhitze (für sehniges Schweißeisen 1300 bis 1400° C) gelangen. Der Sand des Ofenherdes bildet nun mit den bei der

Erhitzung des Luppeneisens sich bildenden Oxyden eine leichtflüssige Schlacke, welche unter dem Drucke des Hammers oder der Walzen ausgepreßt wird und den Rohschienen gestattet, zu einer möglichst homogenen Masse zusammenzuschweißen. Mit dem Schweißen der weißglühenden Pakete zwischen Walzen wird gleichzeitig die Formgebung derselben verbunden, wie sie zu den Verbrauchszwecken des Handelseisens erforderlich ist.

Flußstahl und Flußeisen.

Unter Flußstahl und Flußeisen versteht die neuere Bezeichnungsweise im flüssigen Zustande hergestellte fast schlackenfreie Produkte, welche wie beim Schweißeisen nach dem Merkmale der Härtbarkeit unterschieden werden.

Das erste Verfahren der Erzeugung von Flußstahl und Flußeisen aus Roheisen war der nach seinem Erfinder, dem Engländer Henry Bessemer, benannte Bessemerprozeß. Das erste diesbezügliche englische Patent erhielt Bessemer am 17. Oktober 1855, und seit diesem Zeitpunkte rechnet man „das Zeitalter des Stahles“ (Stahlzeit). Die größten Umwälzungen vollzogen sich und das menschliche Geschlecht gelangte auf eine nie geahnte Stufe der Entwicklung. Hervorgerufen durch die großartigen Eisenbahnbauten in allen Kulturländern, stieg der Verbrauch des Bessemerstahles für Eisenbahnmaterial und damit die Entwicklung des Bessemerprozesses in einem überraschenden Maße.

Bereits im Jahre 1878 wurde das ursprüngliche Bessemerverfahren von Thomas in einer Weise abgeändert, daß die früher für praktisch unmöglich gehaltene Entphosphorung des Roheisens bei der Stahlerzeugung gelang. Ein paar Jahre zuvor führte sich auch der Siemens-Martin-Prozeß, als drittes Verfahren zur Massenerzeugung von Flußeisen und Flußstahl, in die technische Praxis ein.

Der Bessemerprozeß gehört zu den Frischprozessen. Das wesentliche desselben besteht, wie schon Bessemer in seinem ersten Patente sagte, in dem Durchblasen von Luft durch flüssiges Roheisen bis zur Entkohlung und in dem Ausgießen des Flußeisens oder Stahles in Formen. Die chemischen Vorgänge beim Bessemern unterscheiden sich im allgemeinen wenig von denjenigen bei den übrigen, bereits behandelten Frischprozessen. Beim Bessemerprozeß wirkt die Verbrennungswärme des im Roheisen selbst enthaltenen Siliziums so bedeutend, daß sogar das vollständig entkohlte schmiedbare Eisen dünnflüssig erhalten wird. Ein besonderes Brennmaterial, um während des Frischens des Roheisens die Temperatur aufrechtzuerhalten, ist beim Bessemerprozesse nicht erforderlich.

Das von größtem Erfolge begleitete Eingreifen der Chemie in den praktischen Hüttenbetrieb der letzten Jahrzehnte hat gelehrt, daß in chemischer Beziehung, was früher vielfach bestritten wurde, der Bessemerprozeß vollständig dem Puddelprozeß entspricht, ja, die Ähnlichkeit beider Methoden geht so weit, daß die Thomas'sche Erfindung, die neueste Entwicklungsstufe des Bessemerverfahrens, genau auf derselben Grundlage beruht, wie das im Jahre 1818 bereits erfundene Puddeln auf einem mit basischer

Schlackenfütterung versehenen Herde. Jetzt wissen wir, daß das Roheisen sich bei allen Frischprozessen vollständig gleich verhält und daß einzelne Unterschiede der Prozesse in chemischer Beziehung nur durch die Art der Arbeit, die Temperatur usw. bedingt werden.

Der Bessemerprozeß wird, da ein feststehender Ofen Nachteile mit sich bringt, in einem um Zapfen kippbaren Gefäße von birnförmiger Gestalt, dem Konverter oder der Birne (Abb. 79 und 80), ausgeführt, welches aus Kesselblech besteht und mit feuerfestem, bei der alten Methode fast rein kieseligem Futter versehen ist. Der Boden des Konverters ist aus einem besonderen, nach oben verjüngten konischen Teil gebildet, welcher leicht ausgewechselt werden kann. In diesen Boden ist eine Reihe von Düsen oder Formen eingesetzt, durch welche der Gebläsewind, dem oben angegebenen Prinzip des Prozesses gemäß, aus dem unter dem Boden befindlichen eisernen Windkasten in das in der Birne stehende flüssige Roheisen eingeblasen wird. In den Windkasten gelangt der Gebläsewind aus der einen zu diesem Zwecke hohl konstruierten Achse des Konverters durch ein zum Windkasten gehendes Rohr. Die andere Achse des Konverters ist dagegen massiv und mit einem Zahnrade oder Schraubenrade versehen, in welches entweder eine durch hydraulischen Druck bewegte Zahnstange oder eine von einer kleinen Reversiermaschine angetriebene Schraube eingreift, so daß bei der Bewegung der Zahnstange oder Schraube der ganze Konverter gekippt werden kann. Während des Blasens ist der Hals der Birne oder des Konverters nach oben in den Kamin gerichtet; das Ausgießen des fertigen Stahles erfolgt nach einer Drehung um etwa 180°. Gewöhnlich sind die neueren Birnen auf einen Einsatz von 6000 bis 12.000 *kg* berechnet. Diese ganze Menge wird in 20 bis 30 Minuten zu schmiedbarem Eisen verarbeitet, und so ist es erklärlich, daß die Produktionsfähigkeit eines Bessemerkonverters im Verhältnisse zu den übrigen Frischapparaten eine außerordentliche ist und der Apparat eine ehemals ungeahnte Massendarstellung ermöglicht. Früher pflegte man zwei Konverter in der Weise zusammen arbeiten zu lassen, daß nach jeder Charge die Apparate gewechselt wurden; jetzt aber bläst man meistens mit einer Birne so lange wie der Boden hält und repariert inzwischen die andere. Die Produktionszahl eines Konverters ist also immer auf ein Paar dieser Apparate zu beziehen. Das Futter des Konverters bestand bei dem alten Verfahren, wie schon kurz angedeutet wurde, aus einer kieseligen Masse, etwa sieben

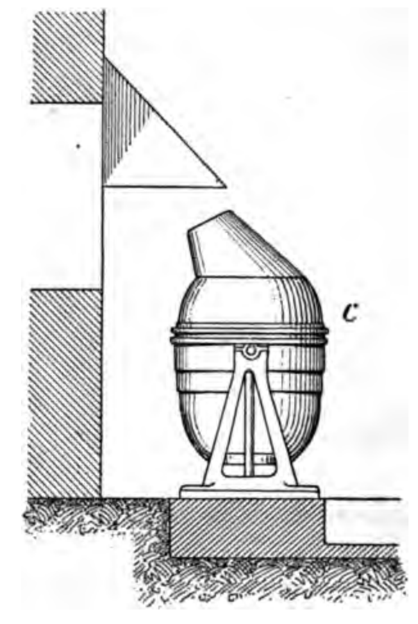


Abb. 79. Bessemerbirne oder Konverter.

Teile Quarzsand, ein Teil feuerfester Ton, aus welcher das Futter der Birne gestampft wurde. Gegenwärtig formt man aus derselben sauren Masse Ziegel und mauert damit den Konverter aus, nur der Boden und mitunter der zunächst an den Boden anschließende Teil der Birne wird noch gestampft.

Ein besonderes Brennmaterial zum Frischen des Roheisens und zum Flüssighalten des entkohlten Produktes wird durch die bedeutende Wärmemenge entbehrlich, welche bei der durch den Sauerstoff in das Roheisen eingeblasenen Gebläseluft bewirkten Oxydation von Silizium, Eisen, Mangan

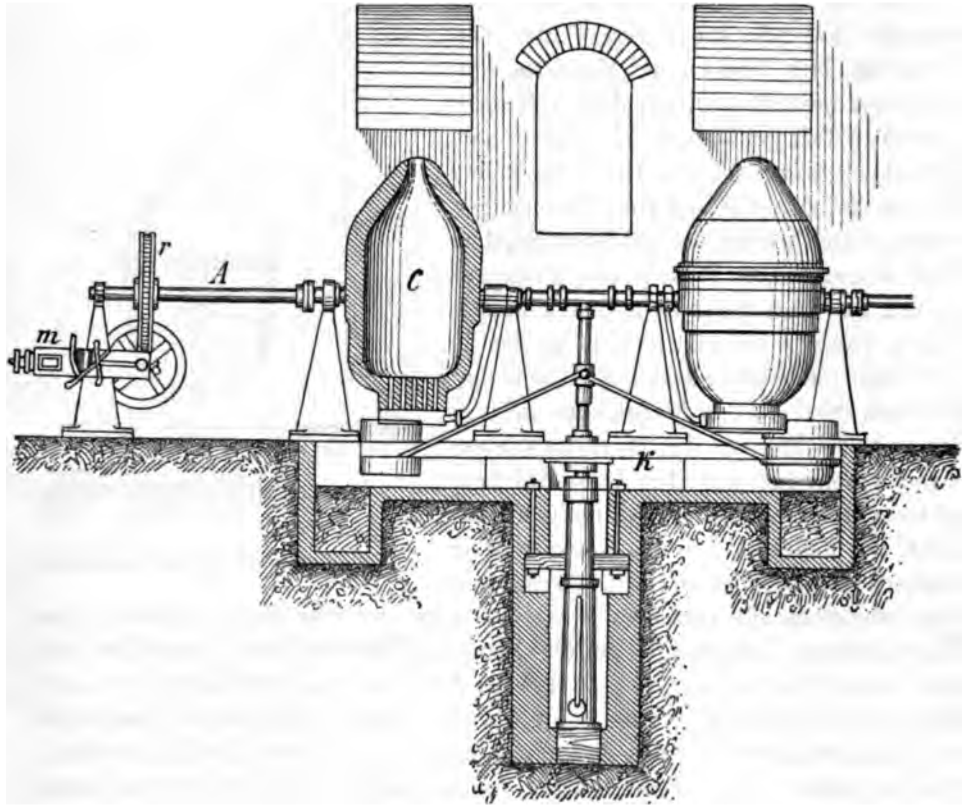


Abb. 80. *C* Konverter, *A* Konverterachse, *r* Schraubenrad, *m* Reversiermaschine, *K* Pfannenkrahn.

und Kohlenstoff entsteht. Durch die Verbrennung des Siliziums wird die größte Wärmemenge erzeugt, selbst wenn der Prozentgehalt des Eisens an Silizium viel geringer als derjenige an Kohlenstoff ist. Vom Puddelprozeß unterscheidet sich der chemische Verlauf des Bessemerprozesses sehr wesentlich dadurch, daß infolge der gebildeten sauren Schlacke, deren Kieselsäure zum großen Teil aus den Wandungen des Konverters stammt, eine Abscheidung des Phosphors aus dem Roheisen gar nicht stattfindet und auch der Schwefel nur unvollständig beseitigt wird. Ferner enthält auch das im Konverter vollständig entkohlte Roheisen noch etwas Mangan und hat Oxyde gelöst, ehe aller Kohlenstoff entfernt wurde.

In diesen kurzen Andeutungen sind die hauptsächlichen Bedingungen für ein gutes Bessemerroheisen enthalten; dieses Eisen muß einen äußerst geringen Gehalt an Phosphor und Schwefel, dagegen zur Erzielung „warmgehender Chargen" einen hohen Gehalt an Silizium haben. Aus letzterem Grunde kann hauptsächlich nur dunkelgraues Roheisen verwendet werden, da ja, wie wir früher gesehen haben, ein hoher Siliziumgehalt des Roheisens die Aufnahme des Kohlenstoffes als chemisch gebundenen verhindert. Das Silizium ist also das eigentliche Brennmaterial für den Bessemerprozeß. Das einfachste Mittel zur künstlichen Wärmeerhöhung wurde in der Überhitzung des zu „verblasenden" Roheisens im Schmelzofen gefunden. Das deutsche Bessemerroheisen hat infolge der teilweisen Verwendung manganhaltiger siegerländischer Erze gleich dem steirischen aus Spateisensteinen erblasenen Roheisen meist einen Mangangehalt von 3 bis 3·5%, welcher insofern vorteilhaft ist, als er beim Bessemerprozeß die Schlacke flüssig macht. Dagegen hat das reine englische Hämatitroheisen nur Spuren von Mangan. Übrigens zeigt eine Charge von stark manganhaltigem Roheisen einen sehr heißen Gang, weil die Verbrennungswärme des Mangans höher ist als diejenige des Eisens, wie ja auch die zur Reduktion des Mangans aus den Erzen erforderliche Temperatur beträchtlich höher ist als die zur Reduktion des Eisens nötige.

Die bei der Verbrennung entwickelte Wärme, abzüglich der durch die entweichenden Gase mitgeführten, verteilt sich auf das Eisenbad, die Schlacke und die Wandungen des Konverters. Die im fertigen Stahl enthaltene Wärmemenge ist die Summe der im Roheisen beim Einguß in den Konverter vorhandenen und der beim Frischen erzeugten Wärme, abzüglich der für den Prozeß verlorenen Wärme. Bei normalem Verlaufe des Bessemerprozesses wird auch ein völlig entkohltes Eisen sehr gut flüssig erhalten, es muß also eine Temperatur von etwa 2000° vorhanden sein. Diese enorme Temperatur des Eisenbades gestattet einen beträchtlichen Zusatz von Stahlabfällen, welche man gewöhnlich nach der Entkohlung oder nach dem Eingießen des fertigen Stahles in die Gießpfanne im kalten oder vorgewärmten Zustande zusetzt. Wir erwähnten bereits, daß selbst das im Konverter noch nicht völlig entkohlte Roheisen Sauerstoff aus dem Gebläsewinde aufgenommen habe, welcher in Form von Oxyden vorhanden ist. Dieser Gehalt des Metalles an Oxyden hindert seine Schmiedbarkeit, so daß zur Beseitigung des Sauerstoffes am Schlusse des Bessemerprozesses eine Desoxydation des Metallbades stattfinden muß. Zu diesem Zwecke benützt man das so leicht oxydierbare Mangan in Form von Spiegeleisen oder Ferromangan und setzt hiervon nach Entkohlung des Roheisenbades eine entsprechende Menge in flüssigem Zustande zu. Mit dem Spiegeleisen oder Ferromangan führt man aber gleichzeitig eine gewisse Menge Kohlenstoff in das Eisenbad ein, von welchem beide Roheisensorten immer 4 bis 5% enthalten, so daß mit der Desoxydation des Metallbades gleichzeitig eine „Rückkohlung" desselben stattfindet. Je mehr Mangan dieser

letzte Zusatz auf dieselbe prozentuale Menge von Kohlenstoff enthält, um so weniger Kohlenstoff wird bei der Desoxydation des Metallbades in das Metall eingeführt. Aus diesem Grunde wendet man zur Darstellung weicher Flußeisenqualitäten möglichst hochprozentiges Ferromangan an.

Die Desoxydation des Metallbades kann auch durch Zusatz von hochsiliziertem Roheisen, Ferrosilizium, oder von hochgekohltem weißen Roheisen, welches den Kohlenstoff im chemisch gebundenen Zustande enthält, geschehen. Im ersteren Falle wird das Silizium oxydiert und geht als Kieselsäure SiO_2 in die Schlacke, im zweiten Falle wird durch den im Metallbade enthaltenen Sauerstoff der chemisch gebundene Kohlenstoff verbrannt. Das Mangan beseitigt indessen am raschesten die Oxyde, wenngleich der Zusatz der manganhaltigen Produkte immer den Übelstand mit sich bringt, daß ein Teil des Mangans im fertigen Stahle bleibt und höchstwahrscheinlich auf die Schweißbarkeit und Zähigkeit des Stahles nachteilig einwirkt. In Deutschland und England wird allgemein die Rückkohlung des entkohlten Metallbades durch in Öfen geschmolzenes und in die Konverter eingelassenes Spiegeleisen oder Ferromangan bewirkt, auch wird Koks zur Rückkohlung in die Pfanne zugesetzt; in Schweden dagegen wird öfter das Roheisen zuerst nicht vollständig entkohlt, sondern der Kohlenstoffgehalt direkt auf die gewünschte Höhe gebracht. In Schweden findet also häufig keine Rückkohlung statt, der schwedische Bessemerstahl enthält deshalb auch nur Spuren von Mangan, was vermutlich für die bekannte gute Schweißbarkeit desselben von Wichtigkeit ist. — Über das Schlußverfahren vgl. S. 93.

Wir haben nun noch bezüglich der in einem Bessemerwerke notwendigen Apparate zu bemerken, daß in keinem andern Zweige der Eisenindustrie der hydraulische Druck in so ausgedehnter Weise wie hier zur Bewegung von Apparaten und zur Hebung großer Gewichte angewendet wird. Der Laie wird bei Besichtigung eines Bessemerwerkes erstaunt sein über die Sicherheit, mit welcher durch einen Hebeldruck der Konverter sowie der Gießkrahn, welcher in der vor den beiden Konvertern befindlichen Gießgrube angebracht ist, beliebig nach oben oder unten bewegt wird, um die auf demselben stehende „Gießpfanne", ein mit feuerfestem Material ausgekleidetes, eisernes, zylindrisches Gefäß, dem Konverter so nahe zu bringen, daß der Ausguß des fertigen Flußeisens in die Gießpfanne bequem erfolgen kann. Sodann wird die Gießpfanne über die in der Gießgrube stehenden eisernen Formen, die sogenannten „Coquillen", bewegt, und aus dem im Boden der Pfanne angebrachten Abstichloch, welches durch einen Stopfen verschließbar ist, ein beliebiges Quantum Stahl in jede Coquille eingelassen. — Es wird gewöhnlich ein Wasserdruck von 12 bis 15 Atmosphären angewendet; zur Ausgleichung des Druckes und zur Ansammlung des durch Pumpen geförderten gepreßten Wassers dienen die sogenannten Akkumulatoren, es sind dies nicht selten in den Boden versenkte Zylinder mit stark belastetem Kolben.

Verfolgen wir nun kurz den Verlauf einer „Charge“ oder „Hitze“, so werden wir wahrnehmen, daß es in der Industrie keinen Prozeß gibt, der an Schönheit und Großartigkeit den Vergleich mit dem Bessemerprozeß aushielte. Wir möchten sogar sagen, daß auf den Laien dieser Prozeß einen überwältigenden Eindruck macht, besonders wenn im Dunkel der Nacht die blendende Flamme weithin die Gegend erleuchtet und vollständig den Effekt des elektrischen Lichtes hervorruft. Der Besuch eines Bessemerwerkes ist zu empfehlen, weil jeder Gebildete hier erkennt, daß die handwerksmäßige Behandlung des Hüttenprozesses aufgehört hat und ein auf streng wissenschaftlicher Grundlage beruhender Betrieb stattfindet. Die Charge beginnt mit dem Füllen der stark vorgewärmten Birne mit flüssigem Roheisen, welches in oberhalb des Konverters stehenden Öfen umgeschmolzen und entsprechend überhitzt ist. Nach vollendeter Füllung (gewöhnlich 6000 bis 12.000 *kg*) wird der Konverter aufgekippt, so daß die Mündung in den Kamin hineinragt, während gleichzeitig, bevor das flüssige Roheisen den mit Düsen versehenen Boden des Konverters berührt, das Windventil geöffnet und der Luftstrom durch das Eisen getrieben wird. Wir sehen anfänglich nur einen nicht selbst leuchtenden, sondern nur von innen rot durchscheinenden Gasstrom aus dem Konverter austreten, welcher rotleuchtende Eisenteilchen mit sich führt. Allmählich aber wird die Flamme selbstleuchtend und erhält ein orangefarbenes Ansehen, untermischt mit blauen Streifen, und ist von einer weißen Hülle umgeben, ein Zeichen von an der Luft verbrennenden Gasen. Die Leuchtkraft der Flamme wächst zusehends, weißglühende Eisen- und Schlackenteilchen sind ihr beigemengt. In dieser ersten Periode des Prozesses, welche etwa 10 bis 12 Minuten dauert, wird nun, wie immer bei der Einwirkung von Luft auf flüssiges Roheisen, zuerst das Silizium oxydiert; man bezeichnet dieses Stadium, wie bei allen Frischprozessen, als Fein- oder Schlackenbildungsperiode, weil sich die aus der Verbrennung des Siliziums entstehende Kieselsäure SiO_2 mit einer entsprechenden Menge Eisen und Mangan zu einer Schlacke (Singulosilikat) vereinigt. In der folgenden, zweiten Periode (Kochperiode oder Entkohlungsperiode) nimmt diese Schlacke das in großen Mengen gebildete Eisenoxydul-oxyd Fe_3O_4 auf, welches bei der durch die Verbrennung des Siliziums stark gesteigerten Temperatur schnell auf den Kohlenstoff des Eisens einwirkt. Ganze Garben von Eisen und Schlacke sind als Funken der Flamme beigemengt, da das rasch gebildete Kohlenoxyd CO ein heftiges Aufschäumen der Masse bewirkt. Die Flamme wird sehr hell und stark leuchtend, sogar beinahe weiß. Allmählich wird die Flamme ruhiger und durchsichtiger und zeigt blaue und violette Streifen. Sobald die Flamme kurz wird, ist die Entkohlung vollendet, und wir haben jetzt ein fast kohlenstofffreies Eisenbad im Konverter. Die Flamme ist übrigens während dieser Periode von 7 bis 8 Minuten Dauer fast immer von einem weißen oder gelbbraunen Rauche umgeben, welcher aus verdampfender Schlacke, d. h. kieselsaurem Mangan- und Eisenoxydul besteht. Bei stark manganhaltigem Roheisen sieht man

dicke, braune Wolken in den Kamin entweichen, welche bei der Beobachtung der Flamme störend wirken. Von höchstem wissenschaftlichen und technischen Interesse ist die spektroskopische Beobachtung der Flamme, welche Professor Andreas Lielegg einführte.

Als äußeres Kennzeichen für die Beurteilung des Verlaufes einer Bessemercharge hat man stets die aus dem Konverter entweichende Flamme benützt, welche bei Verwendung konstanter Roheisenqualitäten immer dieselben Erscheinungen zeigt. Die Beobachtung der Flamme durch das Spektroskop liefert beachtenswerte Anhaltspunkte. So viel scheint festzustehen, daß es im wesentlichen ein Manganspektrum ist, welches erlischt, sobald kein Mangan mehr verbrennt. Das Verschwinden des Manganspektrums (gewisser Linien) steht im Zusammenhange mit der Entkohlung des Metallbades, und es wird in der Praxis gewöhnlich das Verschwinden bestimmter Linien im grünen Felde (meist schlechtweg als Kohlenstofflinien bezeichnet) als der Zeitpunkt nahezu vollständiger Entkohlung des Eisenbades angenommen. Die Praxis gibt hier sehr bald für eine bestimmte Roheisenmischung die richtigen Fingerzeige, und so gelingt es mit Hilfe des Spektroskops auch dem Meister und Arbeiter sehr leicht, den Moment der Entkohlung mit Sicherheit zu erkennen. In diesem Stadium des Prozesses strömt aus der Mündung des Konverters ein nicht selbstleuchtender, aber von innen hell erleuchteter und durchsichtiger Gasstrom aus. Nun wird der Konverter geneigt und man schreitet zur Desoxydation und Rückkohlung des Metallbades. Zu diesem Zwecke wird Spiegeleisen, welches in einem besonderen Ofen geschmolzen wurde, in den Konverter eingelassen oder man verwendet rotglühendes oder auch kaltes Ferromangan. Der Konverter wird nochmals etwas aufgekippt und der Windstrom behufs guter Mischung des Spiegeleisens noch etwa eine halbe Minute durchgeblasen, worauf die Charge vollendet und zum Ausgießen fertig ist. Die gesamte Blasezeit einer Charge dauert 20 bis 30 Minuten. Die Windpressung variiert einigermaßen in den verschiedenen Perioden des Prozesses je nach den äußeren Erscheinungen, sie wechselt zwischen 1·2 und etwa 2·0 *kg* pro Quadratzentimeter Überdruck.

Es erfolgt zunächst das Ausgießen der Charge aus dem Konverter in die unter die Mündung desselben gehobene Gießpfanne. Zuerst fließt die auf dem Metallbade stehende Schlacke aus, welche sich aber natürlich bei weiterem Ausgießen wieder über dem spezifisch schwereren Stahl in der Pfanne sammelt. Schon beim Einlassen des Spiegeleisens in den Konverter können wir eine heftige Reaktion bemerken, indem das Metallbad in heftiges Kochen gerät und eine hell leuchtende Flamme von verbrennendem Kohlenoxyd aus dem Konverter entweicht. Diese Reaktion setzt sich meist in der Gießpfanne noch fort, so daß die Metallmasse heftig kocht und die Schlacke über den Rand der Gießpfanne läuft. — Man läßt die Masse sich beruhigen und schreitet sodann zum Eingießen des fertigen Stahles in die dazu bereitstehenden eisernen Formen, die Coquillen; und zwar entweder aus der Abstichöffnung der Gießpfanne direkt von oben in jede einzelne

Form, oder aber durch Vermittlung eines langen Trichters, welcher durch aus feuerfester Masse bestehende Kanäle mit einer Reihe von Coquillen derart in Verbindung steht, daß der flüssige Stahl von unten gleichzeitig in eine größere Zahl, gewöhnlich acht bis zwölf, Coquillen eintritt (kommunizierender Guß). Vielfach müssen, damit der Stahlblock bei etwaigem „Steigen“ des Stahles nicht porös wird, die Formen mit Sandverschluß gedeckt werden. Es sei übrigens erwähnt, daß man, um eine starke Pressung des flüssigen Stahles vor dem Erstarren zu bewirken, hierzu an einigen Stellen mit gutem Erfolge Dampfdruck oder hydraulischen Druck benützte, oder auch den oberen Teil des Blocks erhitzt oder vor Abkühlung schützt. Ganz besondere Aufmerksamkeit hat man seit langer Zeit auf die Herstellung von „dichtem Guß“ verwendet. Es hat sich ein Zusatz von Ferrosilizium oder Ferroaluminium kurz vor oder bei dem Gusse als vorteilhaft erwiesen.

Man kann ohne diesen Zusatz dichten Guß erzielen, indem man die Gießtemperatur sorgfältig beobachtet und die Charge nach der Entkohlung so stark überbläst, daß beim Zusatz von Spiegeleisen eine möglichst heftige Reaktion eintritt. Der Stahl enthält nämlich, wie Müller experimentell nachgewiesen hat, Gase absorbiert, welche zum großen Teile aus Wasserstoff bestehen, der durch Zersetzung des Wasserdampfes der Gebläseluft entstanden ist, und eine heftige Entwicklung von Kohlenoxydgas beim Zusatze von Spiegeleisen wirkt in rein mechanischer Weise derart, daß die übrigen Gase von dem aus dem flüssigen Stahl ausströmenden Kohlenoxydgas CO mitgerissen werden, ähnlich wie man aus wässerigen Gasabsorptionen mittels Durchleitung eines Luftstromes die Gase austreiben kann.

Behandeln wir in Kürze die Produktionsverhältnisse eines Bessemerwerkes nach altem Verfahren unter Annahme rheinisch-westfälischer Normen, so beträgt die Produktion eines Konverterpaares bei 7500 *kg* Einsatz pro Charge etwa 200 *t* Rohblöcke in 24 Stunden, also ebensoviel wie die Produktion von 60 Puddelöfen. Die Chargenzahl in derselben Zeit ist auf 28 bis 30 anzunehmen, der Abbrand auf 10 bis 11%. Die großen Werke verarbeiten fast ausschließlich eigenes Bessemerroheisen und haben darin eine besondere Gewähr für gleichmäßige und brauchbare Qualität, da es beim Bessemern ganz besonders auf gleichmäßige Qualität ankommt. Unter Umständen wird bis zu 10% an Stahlabfällen verarbeitet, der Zusatz von Spiegeleisen mit 10 bis 12% Mangan beträgt etwa 8%. Der Verbrauch von Kohlen zum Kesselheizen usw. beträgt etwa 40%, der Verbrauch an Koks etwa 20% des Ausbringens. Verfolgen wir gleich weiter das Schmieden und Auswalzen des Rohblockes zur fertigen Eisenbahnschiene, so haben wir hier wieder einen Kohlenverbrauch von etwa 35% des Ausbringens an fertigen Schienen und einen Abbrand von etwa 5·5%, so daß vom Roheisen bis zur fertig gewalzten Stahlschiene ein Gesamtabbrand von etwa 15 bis 18% stattfindet, worin schon ein ungeheurer Vorteil gegenüber der Schienenfabrikation aus Schweißeisen liegt.

In der Herstellung der Konverterböden hat man bedeutende Fortschritte gemacht. Während früher die aus feuerfester Masse gestampften Böden nur 15 bis 20 Chargen aushielten, kann man jetzt auf einem aus feuerfester Masse mit zwischengesetzten Steinen hergestellten Boden leicht 30 Chargen ausführen. Sorgt man für vorsichtiges und starkes Anwärmen des Bodens vor dem Einlassen der Charge und läßt den Konverter (was bei zwei Gießgruben sehr leicht geht) nach der Charge regelmäßig abkühlen, so kann diese Zahl ganz beträchtlich überschritten werden. Die Ausmauerung des Konverters selbst wird beim jedesmaligen Einsetzen des Bodens, in welchen übrigens auch leicht Düsen eingesetzt werden können, ausgebessert, sie braucht gewöhnlich nur

zweimal im Jahre erneuert zu werden. Das innere Futter der Kupolöfen zum Schmelzen des Roheisens dauert etwa 60 Chargen, dasjenige der Kupolöfen zum Schmelzen des Spiegeleisens aber nur 30 Chargen, die Fütterung der Gießpfanne hält mindestens 100 Chargen aus. Diese Zahlen geben nur ein allgemeines Bild dieser Verhältnisse, da sie naturgemäß abhängig sind von der Art des verwandten feuerfesten Materials.

Über die Anlagekosten einer Bessemerei sei bemerkt: Unter günstigen Verhältnissen würde man ein vollständig eingerichtetes Bessemerwerk mit 2 Konvertern zu 7 *t*, 4 Kupolöfen, 2 Spiegeleisenöfen, einer Gebläsemaschine von 300 Pferdekräften, den nötigen Pumpen und dem Akkumulator, sowie einer Kesselanlage mit etwa 800 m^2 Gesamtheizfläche für eine Bausumme von 600.000 Mark herstellen können. Wenn man bedenkt, daß man mit einer derartigen Anlage bei viel kleinerer bebauter Fläche bequem ebensoviel produzieren kann wie mit 60 Puddelöfen, so leuchten die großartigen Vorteile des Bessemerverfahrens auch bezüglich des Anlagekapitals sofort ein.

Während im Jahre 1871 die Produktion an Schweißeisenschienen in Deutschland noch 320.619 *t* und diejenige an Stahlschienen nur 128.406 *t* betrug, wurden im Jahre 1876 bereits 253.746 *t* Stahlschienen und nur noch 126.288 *t* Eisenschienen erzeugt. Im Jahre 1878 waren in Deutschland nur 35 Bessemerbirnen in Betrieb, welche die kolossale Produktion von 491.768 *t* Bessemerstahl lieferten. Hiervon wurden allein 374.761 *t* zu Eisenbahnschienen verwandt. Gegenwärtig werden bekanntlich Schienen aus Schweißeisen nur noch in seltenen Fällen gewalzt, da die Stahlschienen eine viel größere Haltbarkeit und Sicherheit im Betriebe bei fast gleichem Preise aufweisen.

Es war, wie wir gesehen haben, durch Einführung des Bessemerprozesses möglich geworden, mit bedeutender Ersparnis an Kohlen, Handarbeit und Arbeitslöhnen innerhalb gewisser Grenzen jede beliebige Qualität Flußeisen herzustellen, wozu man allerdings nur phosphorfreies Roheisen verwenden konnte. Um nun aber auch phosphorhaltiges Roheisen zu brauchbarem Stahl verarbeiten zu können, richtete die metallurgische Welt seit langer Zeit ihr besonderes Augenmerk auf eine rationelle Beseitigung des Phosphors aus dem Roheisen. Niemand dachte daran, daß die Entphosphorung des Roheisens beim Bessemerprozesse selbst möglich sei, weil die Erkenntnis der Möglichkeit der Phosphorverschlackung fehlte. Man glaubte, schon die hohe Temperatur des Metallbades im Konverter verhindere die Abscheidung des Phosphors und versuchte deshalb auf die verschiedentste Weise, aber ohne durchschlagenden Erfolg, die Erze von ihrem Gehalte an Phosphorsäure zu befreien (Versuche in Kladno) oder auch das Roheisen vor dem Verblasen im Konverter zu reinigen. Die letzteren Methoden aber scheiterten daran, daß vor dem Phosphor ein großer Teil des Siliziums des Roheisens verschlackt wurde, welches als hauptsächlichste Wärmequelle des Bessemerprozesses nicht entbehrt werden konnte. Erst in neuerer Zeit (1878) brachte die Erfindung des Engländers Thomas in genialer und einfacher Weise die Lösung der hochwichtigen Entphosphorungsfrage. Es gelang ihm nachzuweisen, daß der Phosphor nur dann in Gegenwart von Eisen verschlackt werden kann, wenn eine möglichst basische (d. h. kieselsäurefreie) Schlacke vorhanden ist. Hierdurch wurde klar, daß beim gewöhnlichen Bessemerverfahren der Phosphor nicht etwa wegen zu hoher Temperatur, sondern ganz allein wegen der sich mit Hilfe der kieselsäurereichen Ausfütterung des Konverters bildenden sauren Schlacke

im Roheisen zurückblieb. Man schritt zur Verwendung basischer Ausfütterung des Konverters und zur Benützung basischer Zuschläge beim Bessemerverfahren. Die Methode Bessemer's machte also genau dieselben Wandlungen durch, wie das von Henry Cort erfundene Puddelverfahren, indem man auch bei dem letzteren erst dann unreine Roheisensorten verarbeiten konnte, als man an Stelle des ursprünglichen Sandbodens dem Puddelofen einen stark basischen Schlackenherd gab.

Der Franzose Gruner, dessen Traité de métallurgie sich vor vielen anderen Lehrbüchern der Eisenhüttenkunde durch große Gesichtspunkte auszeichnet, hat es in seinem Werke schon klar ausgesprochen, daß der Phosphor mit Bestimmtheit aus dem Roheisen sich werde entfernen lassen, sobald es gelänge, genügend feuerfeste basische Steine zur Ausfütterung des Bessemerkonverters oder des Herdes im Flammofen herzustellen, er hat sogar auf die Verwendungsfähigkeit des Dolomits, welcher jetzt eine bedeutende Rolle bei diesem Verfahren spielt, hingewiesen. Dem Engländer Thomas gelang es, brauchbare basische Ziegel herzustellen. Während man bei dem gewöhnlichen Bessemerverfahren die Ausfütterung aus einer sehr sauren, kieselsäurereichen Masse herstellte, welcher nur, um sie plastisch zu machen, etwas Ton zugesetzt wurde, schlug Thomas den umgekehrten Weg ein und wandte rein basisches Material mit einem geeigneten Frittmittel an. Besonders geeignet ist ein dolomitisches Material, welches, durch eine geringe Teer- oder Tonbeimischung plastisch gemacht, unter hohem Drucke in Formen gepreßt und in sehr starker Hitze gebrannt wird.

Fragen wir, warum der Phosphor aus dem Roheisen nur im basischen und nicht im sauren Konverter zu beseitigen ist.

In der Schlacke des sauren Konverters wird die Phosphorsäure P_2O_5 sofort durch die viel stärkere Kieselsäure SiO_2 freigemacht und sodann durch den verbrennenden Kohlenstoff des Roheisens und das verbrennende Eisen selbst zu Phosphor reduziert, welcher wieder an das Eisen geht. Im basischen Konverter aber wird die gebildete Phosphorsäure durch Kalk gebunden und so vor Reduktion bewahrt, denn dieses Kalkphosphat ist nur bei höchster Temperatur und gleichzeitiger starker Verbrennung von Kohlenstoff und Eisen in etwas reduzierbar. Die Entphosphorung würde also am vollständigsten erreicht werden, wenn man absolut siliziumfreies Roheisen anwenden könnte und vollständig kieselsäurefreie basische Steine und Zuschläge zur Verfügung hätte.

Man machte den Versuch, anstatt eines siliziumreichen, grauen Roheisens ein siliziumärmeres, bei niedriger Temperatur im Hochofen erblasenes, weißes Roheisen zu verwenden. Der Versuch hatte (in Hörde) die epochemachende Entdeckung zur Folge, daß man mit Vorteil anstatt des Siliziums den sonst so gefürchteten Phosphor als Brennmaterial für den Bessemerprozeß verwenden könne, und daß also der Wert eines Roheisens für den Bessemerprozeß unter sonst gleichen Umständen nicht mehr wie früher im umgekehrten, sondern im direkten Verhältnisse zu seinem Gehalte an

Phosphor steht. Da der Wärmeeffekt bei der Verbrennung des Phosphors sich zu demjenigen des Siliziums verhält wie 5 zu 7, so ist leicht zu berechnen, wie viel Phosphor ein Roheisen enthalten muß, um eine ebenso „heißgehende" Charge zu liefern wie ein siliziumreiches Roheisen. Das war der großartige Erfolg, den das Eisenhüttenwesen diesen auf deutschem Boden ausgeführten Versuchen verdankt.

Der Verlauf des basischen Prozesses zeigt äußerlich keine sehr wesentlichen Unterschiede gegen das gewöhnliche Verfahren. Mit dem Silizium verbrennt beim basischen Prozesse gleichzeitig ein Teil des Kohlenstoffes, aber erst nach Verbrennung des Siliziums oxydiert der Kohlenstoff sehr rasch, so daß nach 12 bis 15 Minuten Blasezeit das Metallbad entkohlt ist. Der Phosphor aber verbrennt in energischer Weise erst nach der Entkohlung während des $1^1/_2$ bis 4 Minuten dauernden „Nachblasens", infolgedessen steigt die Temperatur des Metallbades während dieser Periode so hoch, daß man trotz des Mangels an Silizium im Roheisen einen zum steigenden Gießen genügend heißen Stahl erhält und auch die strengflüssige, hochbasische Schlacke gut flüssig bleibt. Um den Grad der Abscheidung des Phosphors festzustellen, werden während des Nachblasens verschiedene Proben genommen, nach deren Bruchansehen (bei einigermaßen beträchtlichem Phosphorgehalte ist der Bruch grobkörnig oder, wie man sagt, kaltbrüchig) man die Charge beurteilt. Durch die Probenahmen wird der Gang der Charge nicht unbeträchtlich verlängert, so daß vom Einlassen der Charge in den Konverter bis zum vollendeten Gießen des Stahles etwa 50 Minuten vergehen. Da man siliziumarmes Roheisen verwendet und der Phosphor erst nach der Entkohlung verbrennt, so müssen die basischen Chargen im Beginne des Prozesses „kälter gehen" als die nach gewöhnlicher Methode mit siliziumreichen Eisen geblasenen Chargen. Das Mangan verbrennt sehr langsam, seine Menge nimmt vom Anfange bis gegen das Ende des Blasens fast stetig ab. Der Schwefel zeigt dagegen das eigentümliche Verhalten, daß sein Prozentgehalt bis zum Nachblasen sogar steigt und erst am Ende des Nachblasens nur teilweise verschlackt wird. Der geringe Eisengehalt der Schlacke, welche bis $14^0/_0$ Phosphorsäure P_2O_5 enthält, beweist, daß die Phosphorsäure in der Schlacke jedenfalls nur zum Teile an Eisen gebunden ist, was für den Abbrand beim Thomasverfahren wichtig erscheint. Es ist nun in Hörde an der Hand der Praxis dargetan worden, daß ordinäres weißes Puddelroheisen mit 0·5 bis $0{\cdot}9^0/_0$ Silizium und 1·5 bis $2{\cdot}5^0/_0$ Phosphor sich sehr für den Thomasprozeß eignet. Der Kalkzuschlag beträgt in Hörde etwa $20^0/_0$ vom Roheiseneinsatz.

Man kann annehmen, daß der Abbrand beim Thomasieren 5 bis $6^0/_0$ höher ist als beim Bessemern, daß ferner ein Mehrverbrauch von 3 bis $4^0/_0$ Spiegeleisen eintritt, und daß in 12 Stunden nur 9 bis 10 Chargen gemacht werden können. Außerdem werden die Kosten des neuen Verfahrens noch vergrößert durch die höheren Kosten der basischen Materialien, der häufigeren Reparaturen der Böden, des Kalkzuschlages, der Arbeitslöhne usw.

Für die Aufarbeitung solcher Roheisensorten, welche für den Bessemerprozeß zu viel, für den Thomasprozeß zu wenig Phosphor enthalten, ist der Duplexprozeß und das Talbotverfahren[1]) in Anwendung, welches letztere Ähnlichkeit mit dem basischen Martinverfahren (s. u.) besitzt.

Die Stahlblöcke (Ingots), welche nach dem gewöhnlichen oder dem von Thomas abgeänderten Bessemerverfahren hergestellt worden sind, werden nach erneutem Anwärmen entweder direkt zu den verschiedensten Dimensionen und Profilen ausgewalzt oder vielfach vor dem Verwalzen geschmiedet. Im allgemeinen geht die Meinung dahin, daß z. B. für Schienen das Vorschmieden der Blöcke besser ist als das Vorwalzen, da das Material unter dem Hammer gleichmäßiger durchgearbeitet wird als zwischen den einseitig wirkenden Walzen. Hauptsächlich wird das Bessemerprodukt zur Herstellung von Eisenbahnmaterialien verwendet, besonders für Eisenbahnschienen. Für diese Zwecke ist das Schweißeisen nahezu gänzlich verdrängt. Große Mengen von Bessemer- und Thomaseisen werden auch zu Trägern und Blechen verwalzt.

Zum Vergleiche der Produktionsverhältnisse der drei Frischmethoden können nachstehende Zahlen dienen:

100 q = 10 t Roheisen werden in schmiedbares Eisen verwandelt im:

Frischherd in 20 Tagen, dabei ein Brennmaterialverbrauch von 60 q = 6 t Holzkohle;

Puddelofen in $2^1/_2$ Tagen (60 Stunden), dabei ein Brennmaterialverbrauch von 100 q = 10 t Steinkohle;

Konverter in 30 Minuten, dabei ein Brennmaterialverbrauch von etwa 90 q = 9 t Steinkohle.

Aus 10 t Roheisen werden 7·4 t gefrischtes, 7·5 t gepuddeltes, 8 t gebessemertes Eisen gewonnen.

Die Darstellung des Flußeisens in Flammöfen.

Beim Bessemerprozeß wird, wie wir gesehen haben, die Verbrennungswärme des im Roheisen enthaltenen Siliziums, respektive Phosphors zur Erzeugung der hohen Temperatur benützt, bei welcher das Flußeisen noch flüssig bleibt. Der Bessemerprozeß ist also an das Vorhandensein dieser wärmeerzeugenden Körper im Roheisen gebunden. Will man dagegen auf andere Weise ein schmiedbares Eisen im flüssigen Zustande herstellen, so bedarf es der Zuführung sehr großer Wärmemengen von außen. Derartige Schmelzprozesse sind in den gewöhnlichen Flammöfen, z. B. in dem früher behandelten Schweißofen, nicht durchführbar, da diese Öfen in bezug auf die Ausnützung der Wärme sehr wenig leisten. Nach der Theorie sind z. B. nur etwa 450 Wärmeeinheiten erforderlich, um 1 kg Eisen auf die Schweißhitze von etwa 1500° C zu bringen, was man mit etwa 0·075 kg Kohle er-

[1]) Siehe Z. d. V. d. Ing., 1900, S. 919; Stahl u. Eisen, 1902, S. 1, 1903, S. 682; Verhandl. des Vereines für Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen, 1904, S. 329.

reichen könnte. In der Praxis dagegen gebraucht man zu diesem Effekt ungefähr achtmal so viel Brennmaterial. Ja, beim Schmelzen von Stahl in Tiegeln mit Hilfe von Koks ist der wirkliche Konsum von Brennmaterial mehr als zwanzigmal so groß als das theoretisch erforderliche Quantum. Das Schmelzen von Flußeisen im Flammofen konnte also erst dann zu einem rationellen metallurgischen Prozeß werden, als der Flammofen nach Form und Betriebsart zu besserer Ausnutzung der Wärme einerseits, zur Erzielung höherer Temperaturen anderseits abgeändert war. Die um die gesamte Pyrotechnik hochverdienten Brüder Siemens traten zuerst mit dem sogenannten Regenerativsystem für Flammöfen hervor, mit dessen Hilfe Flußeisen mit Leichtigkeit geschmolzen werden kann. Der Grundgedanke beruht auf der Vorerhitzung der zur Verbrennung kommenden Gase durch entsprechende Ausnützung (Regeneration) jener Wärme, welche in den aus dem Ofen abtretenden Verbrennungsgasen enthalten ist. Dieses System fußt zunächst auf der Anwendung gasförmigen Brennmaterials, welches in kastenförmigen Apparaten, den sogenannten Generatoren, durch unvollkommene Verbrennung fester Brennmaterialien erzeugt wird.

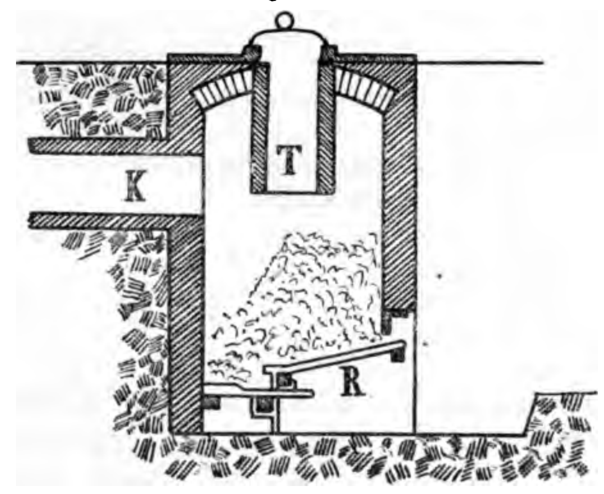


Abb. 81. Generator. *R* Rost, *T* Füllrohr oder Fülltrichter, *K* Gaskanal.

Man muß gasförmiges Brennmaterial wählen, mit Rücksicht auf die nur so mögliche Vorerhitzung in den Regeneratoren; sonst würde festes Brennmaterial beim Verbrennen in dem Heizraume des Ofens mehr Hitze liefern, als aus dem Gase erzeugt werden kann. Der Siemens'sche Generator besteht entweder aus einer etwa 2·5 *m* hohen, 2 *m* weiten, rechteckigen, überwölbten Kammer, deren vordere um 50 bis 60° geneigte Wand in einen ebenso geneigten Rost endigt, welcher seinerseits wieder mit einem am Boden der Kammer angebrachten Planrost verbunden ist, oder weist die in Abb. 81 skizzierte Einrichtung auf. Das Gewölbe des Generators enthält Öffnungen mit Fülltrichtern zum Einbringen des Brennmaterials und eine Abzugsöffnung für das gebildete Gas. Zunächst entsteht durch Verbrennung, z. B. von Stein-

kohlen, auf dem Roste Kohlensäure CO_2, welche beim Durchstreichen der über dem Roste lagernden dicken Schicht glühender Kohlen zu Kohlenoxyd CO reduziert wird. Die erzeugte Wärme treibt die Kohlenwasserstoffe aus den oberen Brennmaterialschichten (trockene Destillation). Je wärmer der Generator bei richtiger Behandlung betrieben wird, um so reicher ist das erzeugte Gas an Kohlenoxyd CO, auf dessen Verbrennung hauptsächlich der Schmelzprozeß beruht. Das allmählich im Generator nach unten sinkende Brennmaterial wird also in demselben Raume zunächst entgast und dann vergast, während eine neuere Konstruktion des Generators (Gröbe, Lürmann) aus ökonomischen Rücksichten Entgasung und Vergasung des Brennmaterials vollständig trennt. Das Gasgemisch, bestehend aus Kohlenoxyd, Kohlensäure, Kohlenwasserstoffen, Wasserstoff, Wasserdämpfen und einer großen Menge aus der atmosphärischen Luft herrührendem Stickstoff, steigt nun durch eine Ziegelesse, in welche gewöhnlich zwei bis vier Generatoren einmünden, empor und gelangt in ein mit feuerfestem Material ausgekleidetes, rechtwinklig gebogenes, eisernes Kühlrohr, zum Zwecke der Wasser- und Teerabscheidung.

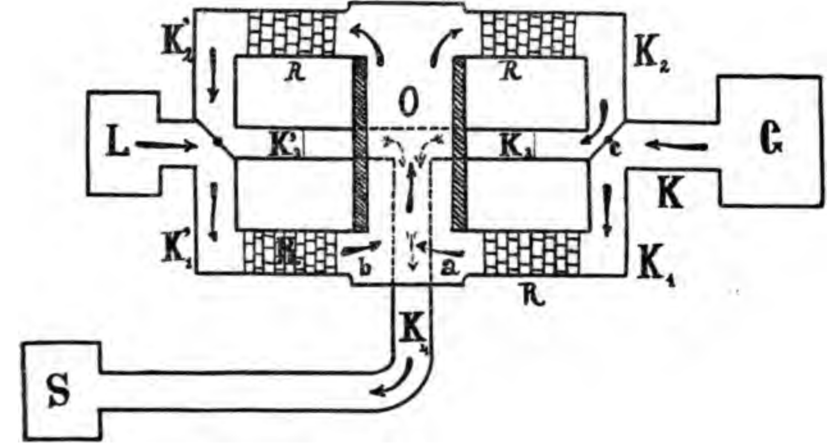


Abb. 82. Schematische Skizze des Regenerativofens von Siemens. Die Regeneratoren *R* sind hier neben dem Schmelzraume oder Ofen *O* angeordnet.

Aus dem Kühlrohre tritt das Gasgemisch in den zum Ofen führenden horizontalen Gaskanal. Der Ofen selbst besteht aus dem eigentlichen Schmelzraum und den unter der Herdsohle gelegenen Regeneratoren. Die untenstehende Abb. 82 zeigt eine schematische Darstellung des Siemensofens. *G* ist der Generator, *L* der Luftschacht. Das im Generator erzeugte Gas (CO + N) und anderseits die Luft strömen durch die Kanäle $K_1\,K_1'$ in den Ofen. Bei der angedeuteten Klappenstellung tritt das Gas bei *a*, die Luft bei *b* in den Ofen *O*, wo sie sich mengen und verbrennen. Die Verbrennungsgase ziehen durch $K_2\,K_2'\,K_3\,K_3'$ und K_4 zum Schornsteine *S*. Die Kanäle $K_3\,K_4$ liegen unterhalb des Ofens *O*. Die mit Ziegelfachwerk ausgesetzten Regeneratoren *R* nehmen die Wärme der abziehenden Verbrennungsgase großenteils auf und geben dieselbe bei Umstellung der Klappen

an die Generatorgase und die Luft ab, indem dann diese jenen Weg durch *R* nach *O* gehen, welchen früher in umgekehrter Richtung die Verbrennungsgase nahmen. Hierdurch gelangen Gas und Luft hoch erhitzt in den Ofen und die Verbrennungstemperatur wird dadurch entsprechend gesteigert.

Unsere Ofenskizze entspricht der ursprünglichen Anordnung, wie sie in den ersten sechziger Jahren ausgeführt wurde; jetzt ist die Anordnung mehr vertikal entwickelt, die Regeneratoren sind vertikale, unter dem Ofen disponierte Schächte oder Kammern und die Zuführung von Gas und Luft findet durch Schlitze, welche über- oder hintereinander angeordnet sind, aus den Regeneratoren in den Ofen statt. In die Regeneratoren sind feuerfeste Ziegel derart eingesetzt, daß dieselben ein System von zahlreichen kleinen Hohlräumen bilden, durch welche Gas oder Luft durchstreichen kann (Abb. 83). Es empfieht sich, die Ziegel im Zickzack, schräg zur Hauptrichtung einzubauen, damit Wirbelbildungen tunlichst vermieden werden. Diese Ziegel erlangen allmählich die Temperatur des durchstreichenden heißen Gases und geben bei dem Umstellen der Klappen ihre Hitze an das Generatorgas oder an die kalte Luft ab. Der Ofen enthält vier solcher Regeneratoren (zwei Luftkammern und zwei Gaskammern), welche paarweise gruppiert sind. Aus jedem Regenerator führen Schlitze in den eigentlichen Schmelzraum, wo Gas und Luft in richtiger Verteilung und guter Mischung zusammentreffen. Die Kammern jedes Regeneratorpaares kommunizieren nach oben, also mit dem Schmelzraume des Ofens, nach unten aber stehen beide entweder mit dem Schornsteine oder die eine mit dem Gaserzeuger, die andere mit der atmosphärischen Luft in Verbindung. Mittels eines leicht zu handhabenden Umstellungsapparates kann man jeden Augenblick die Kommunikation jedes Regeneratorpaares mit dem Kamin herstellen oder unterbrechen und statt dessen die Kammern mit dem Gaserzeuger und der Atmosphäre verbinden. Es ist also klar, daß bei Anwendung dieses Systems die Wärme der bei den gewöhnlichen Flammöfen mit sehr hoher Temperatur unbenützt abziehenden Feuergase sehr gut ausgenützt wird, da die Gase mit nur wenig über 100° Wärme in den Kamin kommen. Man erzielt auf diese Weise, besonders wenn für gehörige Mischung von Luft und Gas beim Eintritt in den Ofen gesorgt wird, eine sehr hohe Temperatur im Schmelzraume des Ofens bei gleichzeitig sehr niedrigem Verbrauche an Brennmaterial. Man braucht nur dafür zu sorgen, daß die Umschaltung der Ventile in regelmäßigen Pausen erfolgt. Je öfter umgeschaltet wird, um so gleichmäßiger muß die Temperatur des Schmelzraumes sein. Die Praxis lehrt bald, welche Intervalle für die vollständige Verbrennung und Ausnützung des gasförmigen Brennmaterials am günstigsten sind. Ein Hauptvorteil ist auch leichte Regulierung der Temperatur für bestimmte Zwecke. In derartigen Öfen kann mit Leichtigkeit selbst das weichste Flußeisen geschmolzen werden. Die große Ersparnis an Brennmaterial ergibt sich aus der Tatsache, daß man im

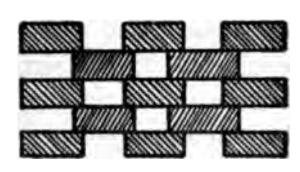


Abb. 83. Ziegelfachwerk des Regenerators.

Siemens'schen Ofen 1 *t* Eisen mit etwa 350 *kg* Kohle auf Schweißhitze bringen und 1 *t* Stahl mit höchstens 600 *kg* Kohle schmelzen kann. Es kommt eben bei diesem Systeme nahezu die gesamte, bei der Verbrennung der Kohlen erzeugte Hitze zur Verwendung.

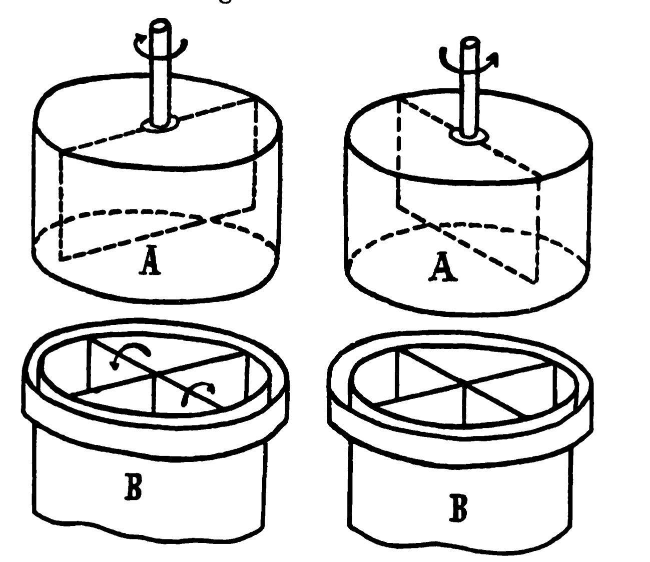


Abb. 84 zeigt die statt der Klappen angewendeten Ventile. Die ringförmige Rinne im Teile *B* ist mit Sand gefüllt und die Glocke *A* dadurch abgedichtet.

Zur Konstruktion des Regenerativofens sei noch bemerkt, daß man anfänglich die Decke des Schmelzraumes nach Abb. 85*a* gegen den Herd so einzog, daß die Flammen gegen das einzuschmelzende Material gedrückt

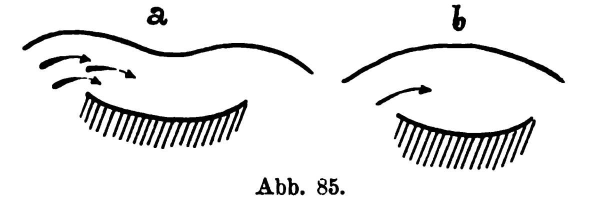


Abb. 85.

wurden. Spätere Erfahrungen ergaben jedoch, daß der Effekt ein günstigerer wird, wenn das Gewölbe die Form Abb. 85*b* erhält. In diesem Falle wirkt die Wärmestrahlung wesentlich mit, die Flamme bleibt heißer, die Verbrennung ist vollkommener. Friedrich Siemens nannte dies „freie Flammenentfaltung“.[1])

Erst der Siemens'sche Regenerativgasofen, welcher Ende der fünfziger Jahre fast gleichzeitig mit dem Bessemerkonverter erfunden wurde, machte es möglich, in einem Flammofen, ohne Anwendung von Tiegeln, Stahl zu schmelzen. Die erste Idee, Stahl durch Lösung von schmiedbarem Eisen in

[1]) Über das Friedr. Siemens'sche neue Heizverfahren mit freier Flammenentfaltung von Gustav Westmann. Berlin 1886.

einem Roheisenbade herzustellen, stammt aus dem siebzehnten Jahrhundert, die Ausführung im großen (in Wien durch Uchatius versucht) scheiterte aber stets an der Unmöglichkeit, genügend hohe Temperaturen zu erzielen.

Der Schmelzprozeß selbst wird gewöhnlich nach den Erfindern der Siemens-Martinprozeß genannt. Derselbe war ursprünglich nur zum Teile als Frischprozeß anzusehen, da der niedrige Kohlenstoffgehalt des Produktes nicht sowohl durch Oxydation, als vielmehr wesentlich durch Verteilung des hohen Kohlenstoffgehaltes des Roheisens auf eine große kohlenstoffärmere Schmelzmasse erzielt wurde. Eine besondere Bedeutung hat dieser Prozeß als Ergänzungsarbeit zum Bessemerverfahren gewonnen, da man hier mit Bequemlichkeit große Mengen von Alteisen und Stahlabfällen im Flammofen zu brauchbarem Material von beliebigem Härtegrade verarbeiten kann. Seit einigen Jahren dient der Siemens-Martinprozeß wesentlich zur Erzeugung ganz weicher, fast kohlenstofffreier Qualitäten von Flußeisen, welche auf Schiffbleche, Draht, Winkeleisen usw. verarbeitet werden und eine ganz außerordentliche Zähigkeit und Dehnbarkeit besitzen müssen. Diese Qualitäten können bislang im Bessemerkonverter nicht mit derselben Sicherheit hergestellt werden, und so ist der Siemens-Martinprozeß, obgleich er im allgemeinen teurer ist als das Bessemerverfahren, in bedeutendem Umfange in Anwendung.

Ursprünglich war also der Martinprozeß ein Mischprozeß und diente dazu, große Mengen von Alteisen — unbrauchbar gewordene Eisenbahnschienen, Eisen und Stahlspäne usw. usw. — mit etwas Roheisen in Flußeisen zu verwandeln; gegenwärtig ist dieser Prozeß erweitert und verarbeitet man das im Hochofen gewonnene weiße Roheisen im Siemensofen unter Zusatz von Erz und Kalk zu Flußeisen.

So liefern z. B. in Donnawitz drei Hochöfen täglich 6000 bis 7000 *q* oder 600 bis 700 Tonnen weißes Roheisen; dasselbe wird beim Abstiche in Pfannen aufgenommen, diese werden in einen 200 *t* fassenden kippbaren Mischofen (Roheisenmischer) mechanisch übertragen und das gemischte, großenteils von Schwefel befreite Roheisen gelangt zu den Martinöfen, deren acht zu 30 *t* arbeiten. In diesem Ofen wird das weiße Roheisen durch oxydierend und schlackenbildend wirkende Zuschläge, welche mechanisch (auf sogenannten Löffeln) in den Ofen eingetragen werden, in Flußeisen verwandelt. Beim Abstich in Pfannen findet mittels Koks eine Rückkohlung statt. Sodann werden die Blöcke (Ingots) gegossen. Je nach der Führung des Prozesses kann man sehr weiches bis sehr hartes Flußeisen erhalten, ersteres mit 33 bis 38^{K} Zugfestigkeit bei 30 bis $35^{0}/_{0}$ Dehnung, letzteres mit 70 bis 80^{K} Zugfestigkeit bei 8 bis $12^{0}/_{0}$ Dehnung.

Gewöhnlich haben die Öfen einen Fassungsraum von 10 bis 30 *t* Flußeisen. Anlage und Betrieb einer Siemens-Martinschmelzhütte ist durch folgendes gekennzeichnet. Meistens finden wir die Gaserzeuger außerhalb der eigentlichen Schmelzhütte angeordnet, von wo die Gase durch die eiserne Kühlröhre und den Gaskanal zu dem Schmelzraume oder Ofen geführt werden. Die Regeneratoren sind, wie wir schon gesehen haben, unterhalb der Ofensohle, welche übrigens gut gekühlt sein muß, angebracht. Der mulden-

förmige Herd des oblongen Schmelzraumes wird aus bestem feuerfesten Material (Quarz) hergestellt und in mehreren dünnen Lagen möglichst hart gebrannt, ehe man zum Einsetzen der Charge schreiten kann. Der Ofen muß zum Zwecke des Herdmachens starke Stahlschmelzhitze, also ungefähr 2000° C haben. Es ist für den Betrieb des Ofens, wie bei fast allen metallurgischen Prozessen, von der größten Wichtigkeit, daß der Herd stets in arbeitstüchtigem Zustande erhalten wird, und hierauf muß sich zunächst die Aufmerksamkeit des Stahlschmelzers richten. An der den Arbeitstüren entgegengesetzten Seite des Ofens befindet sich die Abstichöffnung, welche ebenfalls in vorsichtigster Weise mit Quarzsand zugestampft wird. Die Wände des Arbeitsraumes sind aus bestem Chamottematerial hergestellt. Bei der Ofenkonstruktion ist vor allem darauf zu sehen, daß Gas und Luft gut gemischt werden, damit man die vollständige Verbrennung des Gases erreicht und die höchste Temperatur direkt oberhalb des Metallbades entsteht. Die Luft tritt meist oberhalb des Gases ein. Ist der Ofen auf starke Stahlschmelzhitze gebracht und der Herd ordnungsmäßig vorgerichtet, so beginnt man mit dem Einbringen der Charge. Dieselbe besteht bei dem gewöhnlichen Schmelzverfahren auf ganz weiches Material von etwa 0·1% Kohlenstoffgehalt aus etwa 10 bis 15% Bessemerroheisen (phosphorfrei), 60 bis 70% Abfällen von Bessemermetall und 15 bis 20% Eisenblechabfällen. Der Einsatz dieser Materialien erfolgt gleichzeitig, nur das weiche Eisenblech wird zumeist erst dann nachgesetzt, wenn das Metallbad gehörig flüssig und warm ist. Fortlaufend überzeugt man sich auch aus dem Bruche und nach der Schmiedbarkeit der Schöpfproben von dem Stande der Charge. Das Probenehmen im Laufe des Prozesses ist natürlich beim Flammofen viel leichter und bequemer als beim Bessemerkonverter, und darum ist beim Martinprozeß ein Produkt von genau bestimmter Härte mit größerer Sicherheit zu erzielen. Die Desoxydation des Metallbades am Schlusse einer Charge erfolgt durch Zusatz von Spiegeleisen oder Ferromangan. Will man ganz weiche Qualitäten erzielen, so arbeitet man gegen das Ende der Charge mit einem Zusatze von reinen Eisenoxyden, etwa 5% des Chargengewichtes, um den Kohlenstoff des Metallbades auf ein Minimum zu verringern. Natürlich wird dann zuletzt, behufs Reduktion der Oxyde, nur Ferromangan zugesetzt, um den Gehalt des fertigen Produktes an Kohlenstoff möglichst niedrig zu halten.

Die Dauer der Betriebsperioden ist verschieden, in 24 Stunden werden 3 bis 4 Chargen gemacht. Der Abbrand schwankt je nach der Art des gewählten Rohmaterials zwischen 3 bis 8%. Je weichere Qualität man herstellt, je länger also die Charge dauert, um so größer wird natürlich der Abbrand. Bei Zusatz von Erzen wird übrigens ein beträchtlicher Teil des Eisenoxyds vom Kohlenstoff zu metallischem Eisen reduziert. Der Kohlenverbrauch beträgt 40 bis 70% des Ausbringens. Der Abstich des fertigen Flußeisens erfolgt entweder in eine Gießpfanne, welche mit einem Laufkrahn über die Gußformen gefahren wird, oder in Gußformen, welche auf Wagen oder auf einer Drehscheibe beweglich sind und unter dem Ofenabstich vorbeigefahren werden. Die Anwendung einer Gießpfanne ist jedenfalls das beste und einfachste. Ein Ofen hält oft über 1000 Chargen aus, wenn die Decke öfter nachgebessert wird.

Das Schlußverfahren (Rückkohlen u. dgl.).

Das Flußeisen, mag dasselbe durch den Bessemer-, Thomas- oder Martinprozeß erhalten sein, kann Eisenoxydul (FeO) enthalten, welches verschiedene schädliche Wirkungen bedingen kann. Es kann zur Bildung von CO und dadurch zu Blasenbildungen im Ingot führen, denn

$$FeO + C = Fe + CO$$

und
$$MnO + C = Mn + CO,$$

es kann aber auch im erstarrten Eisen verbleibend zu Rotbruch Anlaß geben. Es ist daher dahin zu wirken, das Eisenoxydul durch Mittel zu reduzieren, welche keine Gase liefern, und dazu eignen sich Mangan, Silizium und Aluminium. Ersteres wird als Ferromangan (mit 40 bis 80% Mn) oder als Spiegeleisen (mit 10 bis 20% Mn) zugesetzt, Silizium als Ferrosilizium (meist 10 bis 15% Si, aber auch bis 80%), Aluminium meist als Ferroaluminium.

$$2\,FeO + Si = SiO_2 + 2\,Fe.$$

Die Kieselsäure (SiO_2) bildet mit vorhandenem FeO und MnO eine Schlacke und wirkt so auf das Eisenbad auch läuternd. Desgleichen vermag es absorbiertes CO zu entfernen, denn $2\,CO + Si = SiO_2 + 2\,C$ [1]).

Will man den Kohlenstoffgehalt des Flußeisens erhöhen, so geschieht dies durch Spiegeleisenzusatz oder nach dem Darby-Prozesse durch Kokszusatz meist in der Pfanne.

Die Dichte und Gleichmäßigkeit der Gußblöcke (Ingot's) wird insbesondere dadurch gefördert, daß man die oberen Teile, die Köpfe, durch aufgesetzte Sandformen oder noch besser durch Erhitzung, länger flüssig hält. Es stehen diesbezüglich verschiedene Verfahren in Anwendung.

Wir wollen noch kurz vergleichsweise die Eigenschaften des Schweißeisens und Flußeisens behandeln. Der wesentlichste Unterschied zwischen Flußeisen und Schweißeisen besteht, wie wir wissen, darin, daß das Flußeisen infolge seiner Darstellung im flüssigen Zustande frei von Schlacke ist, und dieser Umstand ist einer der Hauptgründe für die Verschiedenheit der physikalischen Eigenschaften beider Eisensorten. Jedenfalls leuchtet auch dem Laien sofort ein, daß das schlackenfreie Flußeisen, wenn es mit Sorgfalt aus geeigneten Rohmaterialien hergestellt wird, für die meisten Zwecke brauchbarer sein muß als das schlackenhaltige Schweißeisen. Wenn trotzdem erst in neuerer Zeit das Flußeisen außer seiner Verwendung für Eisenbahnmaterial auch für die unendlich mannigfaltigen Zwecke der Industrie und Landwirtschaft benützt wird, so liegt der Grund hierfür zum Teile in der Fabrikation des Flußeisens und zum Teile in der meist unrichtigen Behandlung des Materials bei der Verarbeitung zu Handelswaren. Beim Bessemermetall z. B. sind besonders in früheren Jahren, als der Bessemerprozeß noch wenig entwickelt war, vielfach Klagen laut geworden über Ungleichmäßigkeit des Materials, so daß der gewöhnliche Schmied nicht dazu zu bewegen war, für seine Zwecke Flußeisen zu verwenden. Die Stahlwerke sind aber genötigt gewesen, andere Absatzgebiete für ihre Produkte zu erschließen, und es hat sich gezeigt, daß man sehr wohl imstande ist, Flußstahl von ganz bestimmten Eigenschaften im Konverter herzustellen, welcher dem

[1]) Siehe L. Tetmajer: Metamorphosen der basischen Schienenstahlbereitung und des Prüfungsverfahrens der Stahlschienen. Schweizerische Bauzeitung, Bd. 28, S. 130.

Schweißstahl in den meisten Beziehungen überlegen ist. Erste Bedingung hierfür ist natürlich, daß man die Verhältnisse beim Bessemerbetriebe möglichst konstant erhält und vor allem konstante Roheisenqualitäten verwendet. Deshalb ist wohl von denjenigen Werken am ehesten ein Fortschritt in der Herstellung ganz bestimmter Spezialitäten zu erwarten, bei welchen der Hochofen und das Bessemerwerk unter derselben Leitung stehen und das Hauptgewicht auf einen gleichmäßigen Hochofengang gelegt wird. Das Flußeisen zeigt im allgemeinen infolge seines Freiseins von Schlacke die Eigenschaft, daß es gegen kalte Bearbeitung in weit höherem Grade empfindlich ist als Schweißeisen, und daß es nicht so starke Erhitzung verträgt als letzteres. Ferner ist es noch nicht gelungen, das Flußeisen regelmäßig ebenso leicht schweißbar herzustellen wie das Schweißeisen. Aber es ist nicht zu zweifeln, daß diese Schwierigkeiten bald überwunden werden und das Flußeisen auch für die Zwecke des täglichen Lebens das Schweißeisen mehr und mehr verdrängen wird. Es ist ja z. B. bekannt, daß das schwedische Bessemermetall sehr wohl den Vergleich mit sehr gutem Tiegelgußstahl aushält, und daß diejenigen schwedischen Bessemerwerke, welche mit Werkstätten für die schließliche Verarbeitung des Flußeisens verbunden sind und deren Material geschickten Arbeitern anvertraut wird, fertige Fabrikate von ganz ausgezeichneter Qualität liefern. Auch bei uns sind mit der weiteren Spezialisierung der Bessemerproduktion bereits große Erfolge erzielt worden.

Glühstahl und schmiedbarer Eisenguß.

Die Entkohlung des Roheisens und seine Umwandlung in schmiedbares Eisen gelingt auch auf anderem Wege. Bei der sogenannten Glühstahlbereitung glüht man gegossene Stäbe reinen Roheisens in oxydierenden Pulvern, insbesondere in geröstetem Eisenerze. Der Glühstahl ist jetzt verdrängt, doch ist die Methode der Erzeugung von schmiedbarem Eisenguß, getempertem oder adouciertem Eisengusse im wesentlichen dieselbe (s. Gießerei).

Zementieren und Einsatzhärtung.

Führt man weichem Eisen durch Glühen in Kohle Kohlenstoff zu, so erhält man Stahl. Dieses Verfahren wird bei dem sogenannten Zementieren oder der Zementstahlbereitung angewendet. Man glüht Stäbe guten Feinkorneisens durch mehrere Tage in kohlender Substanz und erhält hierdurch den Zementrohstahl oder Blasenstahl, welch letztere Benennung von dem blasigen Ansehen dieses Rohstahles abzuleiten ist.

Die Blasenbildung erklärt sich dadurch, daß ein Teil des eindringenden Kohlenstoffes die im Feinkorneisen enthaltenen Schlackeneinschüsse reduziert, wodurch Kohlenoxydgas entsteht, welches die umhüllenden, im glühenden Zustande verhältnismäßig weichen Stahlteilchen blasenförmig auftreibt.

Das Feinkorneisen wird gewöhnlich in Form von flachen Stäben in

das Zementierpulver (Kohle von hartem Holze zu Hanfkorngröße verkleinert) eingesetzt. In manchen Fällen werden tierische Kohle und Alkalien dem Zementierpulver zugesetzt. Das Zementierpulver wird in einem Kasten aus feuerfestem Material mit den Stäben so eingesetzt, daß die zu zementierenden Stäbe allseits von diesem Pulver umgeben sind. Zunächst kommt eine Schicht von Zementierpulver, dann eine Reihe von Stäben, hochkantig, etwa um die $1^1/_2$fache Dicke voneinander entfernt, zwischen den Stäben und darüber kommt wieder Zementierpulver usw. Endlich füllt man oben den Kasten mit einer Schicht von Asche, welche verhindern soll, daß das Zementierpulver mit den Flammen, welche die Kästen umspielen und in helle Glut versetzen, in unmittelbare Berührung kommt. In dieser Temperatur bleiben die Stäbe je nach ihrer Dicke durch 5 oder 6 Tage; der Prozeß ist daher ziemlich teuer. Pro 100 *kg* Stäbe findet ein Verbrauch von 27 *kg* Zementierpulver statt. Dasselbe bleibt allerdings als Kohle zurück, kann aber neuerdings nicht ohne Zusatz frischen Pulvers verwendet werden. Die Kohlenstoffaufnahme durch die Stäbe beträgt $^1/_2$ bis $1^0/_0$.

Man war der Ansicht, daß sich durch das lange Glühen Zyan bilde und dieses als eigentliches Zementiermittel wirke. Diese Anschauung hat man geglaubt dadurch noch wesentlich stützen zu können, weil ein oberflächliches Zementieren schon möglich wird, wenn man glühendes Schmiedeeisen mit Blutlaugensalz bestreut. Es scheint jedoch der Kohlungsprozeß durch eine molekulare Wanderung der Kohlenstoffmoleküle zu erfolgen und ist für die Zementation die unmittelbare Berührung des Eisens mit der kohlenden Substanz erforderlich. (S. Näheres in den Verhandlungen des Vereines für Gewerbefleiß in Preußen 1879, S. 31.)

Wenn man in einen Tiegel (Abb. 86) unten grobkörnigen Sand gibt, ein Stück Schmiedeeisen auf eine gewisse Tiefe in den Sand steckt, hierauf den Tiegel mit Zementierpulver füllt, ihn verschließt und durch längere Zeit glüht, so ist der in dem Sand eingebettete Teil des Eisens nicht zementiert, sondern nur der Teil, der in unmittelbarer Berührung mit der Holzkohle gestanden. Wäre die Zementation die Folge der Wirkung von Zyangas, so ist nicht einzusehen, warum dieses nicht in die Zwischenräume des Sandes hätte eindringen und auch dort zementierend wirken können.

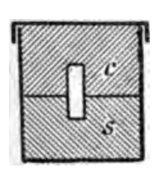


Abb. 86.

Das Kohlen findet von außen nach innen statt. Nimmt man einen Stab aus dem Zementierungsofen, bevor die Kohlung bis ins Innere vorgeschritten ist und bricht ihn, so sieht man, daß im Innern noch Schmiedeeisen vorhanden ist und außen eine Stahlschicht, deren Dicke von der Dauer der Zementation abhängt. Man kann daher den Prozeß so führen, daß die Stahlbildung nur bis auf eine gewisse Tiefe erfolgt. Man nennt dies Einsetzen und Einsatzhärtung. Man setzt auch häufig kleine Stückchen ein, um sie zu härten, manchmal auch nur teilweise zu härten. Es gibt einen gewissen „Stahlschmuck“, welcher aus Argentan- oder Messingblech mit eingenieteten Stahlstiftchen besteht, die polierte, vieleckige Köpfchen aufweisen. Das

Einsetzen dieser Stifte geschieht so, daß man in eine Blechbüchse (Abb. 87) feinen Sand gibt, in den man die Stahlstifte so einsteckt, daß die Köpfe hervorragen; auf diese kommt eine Schicht Zementierpulver, hierauf wieder eine Schicht Sand, in welche man abermals wie früher Stifte steckt, auf deren Köpfe wieder Zementierpulver gestreut wird usw., bis die Büchse gefüllt ist, welche oben durch Deckel und Lehm geschlossen wird. Das Ganze wird durch etwa zwei bis drei Stunden geglüht, die Köpfchen sind dann zementiert. Schlägt man den Deckel ab und wirft den ganzen glühenden Inhalt in Wasser, so härten sich die zementierten Köpfchen, während die Stifte weich bleiben, was sein muß, weil sie als kleine Nieten dienen. Das Einsetzen wird mit ausgezeichnetem Erfolge zu oberflächlichem Verstählen mancher Maschinenbestandteile, der Bleche für Panzerkassen, usw. angewendet.

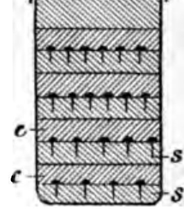


Abb. 87.

Der rohe Zementstahl ist ein sehr reines und doch sehr kohlenstoffreiches Fabrikat, weil er aus sehr reinem Schmiedeeisen durch ein Verfahren bereitet wird, bei welchem die Kohlenstoffzuführung derart erfolgt, daß keine nachteiligen Bestandteile aufgenommen werden. Aus Zementrohstahl macht man nun raffinierten Stahl entweder durch die Manipulation des Gerbens (Paketieren, Schweißen, Aushämmern), oder viel häufiger durch Umschmelzen, Gußstahlbereitung. Der geschmolzene Zementstahl wird in eine prismatische Form gegossen und sodann nach dem Erstarren durch Hammer- oder Walzarbeit gestreckt. Hierdurch erhält man einen harten und zugleich zähen Stahl. Für die Massenfabrikation ist das Zementierungsverfahren viel zu teuer und in neuerer Zeit zumeist aufgegeben. Der Zementgußstahl wird für Stichel, chirurgische Instrumente, feine Schneidwaren u. dgl. verwendet.

Für die Massenfabrikation des Stahles dient der Bessemer-, Thomas- und Siemens-Martinprozeß.

Übersicht der Methoden der Eisenerzeugung.

I. Erzeugung von Eisen direkt aus den Erzen.	A. Roheisenerzeugung. Reduzierendes Schmelzen der Eisenerze bei sehr hoher Temperatur in großen Schachtöfen (Hochöfen). Produkt: Roheisen { Gußeisen (graues Roheisen), Puddelroheisen (weißes). B. Rennarbeit. Reduzierendes Schmelzen der Eisenerze bei niedrigerer Temperatur in kleinen Öfen oder in Herden. Produkt: Schmiedeeisen oder Stahl.

II. Erzeugung schmiedbaren Eisens aus Roheisen.

A. Frischarbeit. Die Oxydation des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffes (und gewisser Verunreinigungen) erfolgt durch den Sauerstoff der Luft teils direkt, teils indirekt.

Mit Zuhilfenahme von Brennmaterial
- a) in Herden: Herdfrischen, Frischen;
- b) in Flammöfen: Flammofenfrischen, Puddeln.

Produkt: Schweißeisen oder Schweißstahl.
(Diesen Operationen geht zuweilen das Feinen des Roheisens voraus.)

- c) Durch Einpressen von Luft in geschmolzenes Roheisen: Bessemern und Thomasieren.

Produkt: Flußeisen und Flußstahl.

B. Durch Glühen von Roheisen in oxydierenden Pulvern.
- a) Adoucieren, Tempern oder Herstellung von schmiedbarem Eisenguß;
- b) Glühstahlbereitung (veraltet).

C. Durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Eisenerz oder Eisenoxyden (Breant- und Uchatiusstahl und die Flußeisenerzeugung aus weißem Roheisen im Siemensofen).

III. Erzeugung von Stahl aus Schmiedeeisen.

A. Kohlung des Schmiedeeisens durch Glühen mit Kohle in verschlossenen Gefäßen.
- a) Zementstahlbereitung.
- b) Einsetzen (Zementieren eines fertigen Gegenstandes aus Schmiedeeisen an der Oberfläche).

B. Kohlung des Schmiedeeisens durch Zusammenschmelzen mit gutem Roheisen.
Martinstahlbereitung (in Siemens-Regenerativöfen).
(Hierher gehört auch der Spiegeleisenzusatz am Ende des Bessemerprozesses.)

Die Eisengewinnung aus Erzen im elektrischen Ofen wird vielfach versucht, ist aber im Großbetriebe noch nicht eingeführt. Siehe Dr. Bernh. Neumann, Die Elektrometallurgie des Eisens, Halle a/S., 1907, Wilh. Knapp.

Über weitere technisch wichtige Eigenschaften der verschiedenen Eisengattungen und ihre unterscheidenden Eigenschaften.

Alle Roheisensorten sind zu den spröden Materialien zu rechnen und lassen sich bei 1100 bis 1400° C schmelzen.

Das graue Roheisen läßt sich mit schneidenden Werkzeugen gut bearbeiten (Drehen, Feilen, Hobeln, Fräsen) und eignet sich sowohl seiner

Dünnflüssigkeit als verhältnismäßig leichten Schmelzbarkeit wegen vorzüglich für den Guß.

Der Bruch des Gußeisens ist stets körnig, mehr oder minder fein und von grauer Farbe.

Glühend in kaltes Wasser getaucht, nimmt Gußeisen nicht merklich an Härte zu und man bezeichnet es deshalb als nicht härtbar; obwohl es in konzentrierte Kochsalzlösung oder in verdünnte Schwefelsäure (in 100 Teilen 10 Schwefelsäure und 1 Salpetersäure) glühend eingetaucht, wesentlich härter wird.

Mit dem Worte Quellen bezeichnet man zwei Eigenschaften des Gußeisens; einerseits die bleibende Volumsvermehrung durch Glühen und langsame Abkühlung, anderseits jene Volumsvermehrung, welche im Momente des Erstarrens geschmolzenen Gußeisens eintritt (s. unter Gießerei).

Schweißeisen und Schweißstahl, Flußeisen und Flußstahl sind in naturhartem Zustande als bildsame (hämmerbare) Materialien zu betrachten. Sie lassen sich nur bei Temperaturen schmelzen, wie sie im Siemensofen erzielbar sind (1800 bis 2000°).

Auf die Qualität des Schweiß- und Flußeisens sind verschiedene Verunreinigungen von Einfluß, welche neben dem Kohlenstoff im Eisen vorkommen. Hierher gehören Phosphor, Schwefel, Silizium und auch rohe, nicht vollkommen gefrischte Teile.

Wenn in dem Schmiede- oder Schweißeisen Phosphor als Verunreinigung enthalten ist, so ist das Bruchaussehen grobkörnig und hell glänzend (Grobkorn). Es genügt schon 0·15% Phosphor, um ganz deutlich Kaltbruch wahrnehmen zu lassen. Wenn aber der Phosphorgehalt 0·5% beträgt, dann ist das Eisen schlecht.

Schweißeisen von heller Farbe und starkem Glanze des Bruches, so auch von dunkler Farbe und mattem Glanze, ist schlecht. Das Schweißeisen soll eine helle Farbe und einen matten, seidenartigen Glanz oder eine dunkle Farbe und einen hellen Glanz haben.

Der Phosphor macht Stabeisen und Stahl kaltbrüchig. Wenn man einen solchen Stab biegt, so gelangt er bald zum Bruche, während phosphorfreies, sehr zähes Eisen mit einem Ende in einen Schraubstock oder in eine entsprechende Spalte eingeklemmt, mehrmaliges Hin- und Zurückbiegen (s. Abb. 88), verträgt. Dickere Stäbe brechen hierbei früher als dünnere. Vorzüglich zähes Flacheisen von 15 *mm* Dicke verträgt 10 und selbst mehr Biegungen hin und her um 180°. Mit der Biegeprobe verwandt ist die Falteprobe, welche insbesondere auf Blech angewendet wird. Man biegt das Blech einmal ⊐ und klopft den Bug nieder, hierauf biegt man nochmals so, daß die neue Biegekante die frühere rechtwinklig kreuzt.

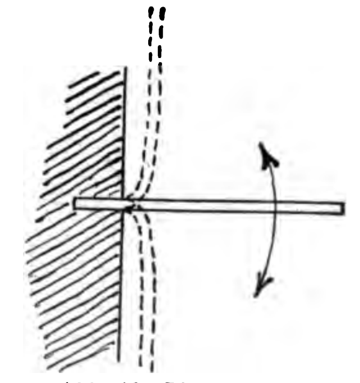


Abb. 88. Biegeprobe.

Ein zweiter Körper, der oft als Verunreinigung auftritt, ist der Schwefel. Eisen mit nur 0·12 % Schwefel ist schon rotbrüchig, d. h. brüchig in der Glühhitze. Schwefelhaltiges Schweißeisen zeigt häufig schön sehnigen Bruch, aber der Glanz ist matt. Wenn man solches Eisen glühend macht und mit dem Hammer bearbeitet, so bricht es leicht. Aus solchem Material läßt sich kein Nagel schmieden. Wird mit dem Setzmeißel ein glühender Stab geschlitzt und ein Dorn in den Schlitz getrieben, so werden an den Schlitzenden Risse entstehen. Diese Probe heißt Lochprobe (Abb. 89).

Macht man mit rotbrüchigem Eisen die Tangelprobe, — dieselbe besteht darin, daß man einen Stab von rechteckigem Querschnitte an einem Ende in die Breite schmiedet, wobei der Querschnitt keilförmig ist — so bekommt der Stab an der Schneide Risse. Bei gutem Material und richtiger Arbeit bekommt man eine ganz reine Kante (Abb. 90).

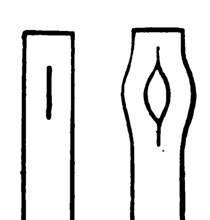


Abb. 89. Lochprobe.

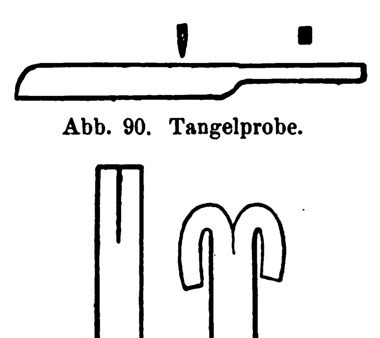


Abb. 90. Tangelprobe.

Abb. 91. Aufhauprobe.

Die Aufhauprobe besteht darin, daß man einen Stab vom Ende gegen einwärts einhaut und die Lappen umbiegt. Ist das Material rotbrüchig, so wird entweder ein Einreißen nach einwärts eintreten, oder die Lappen werden an ihren Biegungsstellen Einrisse zeigen (Abb. 91).

Eine andere schädliche Verunreinigung ist das Silizium. Dasselbe soll im Schmiede- oder Schweißeisen nicht mehr vorkommen. Es bewirkt den sogenannten Faulbruch, d. i. die Brüchigkeit sowohl bei gewöhnlicher Temperatur, als in der Glühhitze. Häufiger ist die Ursache des Faulbruches ein größerer Gehalt an Puddelschlacke.

Die Rohbrüchigkeit äußert sich ähnlich dem Faulbruche, charakterisiert sich aber im Bruche dadurch, daß derselbe stellenweise sehnig, stellenweise roh ist, d. h. Teilchen mangelhafter Verarbeitung (ungefrischte Teile) aufweist.

Vom Härten des Stahles.

Der Stahl, dieses wichtigste Material für Werkzeuge und viele technische Zwecke, besitzt die unschätzbare Eigenschaft, seine Härte und Zähigkeit innerhalb gewisser, weiter Grenzen verändern zu lassen. Der Vorgang, an sich einfach und leicht durchführbar, wird Härten und Anlassen (Nachlassen) genannt. Es gibt kein anderes Material, welches durch einen einfachen Prozeß in seinem Härtezustande und in seinen Festigkeitseigenschaften so vorteilhaft verändert werden kann, wie Stahl. Diese merk-

würdige Eigenschaft gibt dem Stahle insbesonders die Fähigkeit, für Werkzeuge in ausgezeichneter Weise verwendbar zu sein, weil bei den Werkzeugen sehr häufig ein bestimmter Grad von Härte und Zähigkeit notwendig ist, welcher durch die Operation des Härtens und Nachlassens erzielt werden kann.

Stahl ist kein einheitlicher Begriff, auch dann nicht, wenn man von dem seit 1900 als Schnelldrehstahl eingeführten Wolfram-Chromstahl zunächst absieht und nur jene Stahlsorten betrachtet, welche dem Kohlenstoff ihre Stahlnatur verdanken und daher als Kohlenstoffstahl bezeichnet werden können. Zunächst sei nur von diesem gesprochen. Es richtet sich die Eigenschaft des im gewöhnlichen Zustande, also in sogenannter Naturhärte befindlichen Kohlenstoffstahles ganz wesentlich nach seinem Kohlenstoffgehalte und auch nach anderen teils absichtlichen, teils zufälligen Beimengungen. Im allgemeinen ist derjenige Stahl, welcher kohlenstoffreicher ist, leichter schmelzbar und hat eine größere, natürliche Härte. Wenn wir z. B. einen Stahl betrachten, welcher für feine Schneidewaren Verwendung findet, so wird derselbe von Haus aus ein Stahl sein müssen, welcher eine verhältnismäßig große Härte und ein feines, dichtes, sehr gleichmäßiges Korn hat. Es muß also für feine Schneidewaren eine bestimmte Gattung Stahl genommen werden, eine andere als für ordinäre Drehwerkzeuge, eine andere wieder für Sensen, usw.

Wenn man Stahl glühend macht und im glühenden Zustande in kaltes Wasser taucht, also rasch abkühlt, so nimmt er an Härte zu; man nennt dieses Verfahren Härten, und die Härte, welche er dabei erlangt, Glashärte. Aber nicht jeder Stahl erlangt bei diesem Prozesse eine Härte, die der Härte des Glases gleich ist. Es ist also unter der Benennung Glashärte eigentlich nur jener Zustand bezeichnet, in welchem der Stahl den höchsten Grad der für ihn erreichbaren Härte besitzt.

Mit dem Worte glühend ist keine bestimmte Temperatur bezeichnet. Stahl glüht bei 700°, bei 1000°, bei 1200°.

Für jede Stahlgattung ist eine bestimmte Erhitzung notwendig, um durch rasche Abkühlung das Maximum der für diesen Stahl erreichbaren Härte zu erlangen. Jeder Stahl bedarf also eines bestimmten Grades von Glühhitze, um richtig zu Glashärte gehärtet werden zu können. Diesbezüglich gilt als Regel, daß derjenige Stahl, welcher kohlenstoffreicher ist, zu einer dunkleren Rotglühhitze, also zu geringerer Temperatur erhitzt werden muß, während der Stahl, welcher geringen Kohlenstoffgehalt hat, zu einer helleren Rotglühhitze erhitzt werden muß, um das Maximum der für ihn erreichbaren Härte erlangen zu können. Da man die Temperatur gewöhnlich nicht mißt, sondern einfach den Stahl in einem Schmiedefeuer oder dergleichen zur Glühhitze bringt, so kann man nur aus dem Grade des Glühens die Temperatur schätzen, d. h. man kann nur in der Art vorgehen, daß man probeweise ermittelt, bei welcher Glühhitze durch nachfolgende rasche Abkühlung der größte Härtegrad erreichbar ist. Dann hat man Stahl der

gleichen Sorte immer in derselben Weise zu behandeln, um den richtigen Effekt zu erlangen.

Steckt man nach Reiser[1]) das Ende einer Stahlstange in ein Schmiedefeuer und erhitzt man es bis zur Weißglühhitze, so werden die dem Ende nahe liegenden Teile der Stange die verschiedenen Stufen der Glühhitze aufweisen. Hat man die Stange vorher etwa von 2 zu 2 *cm* mit Kerben versehen, so können nach dem Härten leicht an der Kerbestelle Querbrüche bewirkt werden. Man wird gewahren, daß der Bruch in der Nähe des weißglühend gemachten Endes grobkörnig ist und helle glänzende Flächen aufweist. Es ist dies das charakteristische Merkmal des sogenannten verbrannten Stahles. Weiter nach rückwärts wird man finden, daß die Bruchfläche noch immer mit einzelnen hell glänzenden Pünktchen versetzt ist, aber der Bruch ist schon feinkörnig. Hier ist der Stahl auch noch über die richtige Temperatur erhitzt, aber nicht geradezu verbrannt. Dann wird man eine Stelle finden, wo der Stahl sehr feinkörnig ist und eine matte, richtige Farbe zeigt, wie das für den gehärteten Stahl charakteristisch ist. Noch weiter einwärts gelegene Bruchflächen werden ein etwas gröberes Korn aufweisen, und der ganze Eindruck, den diese Bruchflächen machen, liegt zwischen demjenigen des richtig gehärteten Stückes und jenem der Bruchfläche des naturharten Stahles; denn dieser ist immer etwas grobkörniger als der gehärtete. Man wird nun ein nächstes Stück glühend machen, härten und brechen. Zeigt der Bruch das richtige Korn, so hat man die richtige Glühhitze getroffen. Dies ist ein ausgezeichneter Vorgang, um sich zu orientieren, aber es gehört doch Achtsamkeit und Übung dazu, um die richtige Glühhitze für das Glashartmachen des Stahles stets einzuhalten. Da dies wichtig ist, so ist es dort, wo viel Stahl zu Werkzeugen verarbeitet wird, üblich, einen speziellen Werkzeugschmied anzustellen, der nicht allein die Werkzeuge schmieden, sondern namentlich den richtigen Härtevorgang für den betreffenden Stahl „im Griff" haben muß. Man hat weicheren Stahl anders zu behandeln als harten; bei letzterem muß man die Glühhitze niedriger halten als bei ersterem.

Es ist beim Härten leicht möglich, Fehler zu begehen. Daher kommt verbrannter Stahl nicht selten vor. Solchen überhitzten (verbrannten) Stahl kann man wieder regenerieren (s. unten).

Das Anlassen (Nachlassen) folgt meist auf das Glashartmachen; es ist dies eine Operation, durch welche man dem Stahl von der Glashärte etwas nimmt. Man mindert die Härte des Stahles, und diese Härteverminderung geschieht dadurch, daß man den glasharten Stahl erwärmt, aber nicht bis zur Glühhitze, sondern bis zu einer viel niedrigeren Temperatur, und dann rasch wieder abkühlt.

Wenn man blanken Stahl (auch blankes Schweißeisen und Roheisen)

---

[1]) Hier sei auf die treffliche Schrift des Direktors der Kapfenberger Stahlhütte, der Böhlerwerke, Friedolin Reiser: Das Härten des Stahles, Leipzig, Art. Felix, 2. Aufl. 1896, hingewiesen.

erhitzt, so entsteht an der Oberfläche des Eisens eine ganz dünne Oxydschicht. Diese zeigt mit dem Wachsen ihrer Dicke der Reihe nach die Farben dünner Plättchen; diese Farben sind: lichtgelb, orange, rot, violett, blau, dann wird die Oxydschicht (nach sehr kurze Zeit dauernder, grüner Anlauffarbe) so dick, daß sie grau erscheint. Diese Farben stehen mit der Erwärmung darum in einem gewissen Zusammenhang, weil die Oxydation um so rascher vor sich geht, je stärker die Erwärmung ist. Wenn man ein blankes Stahlstück bis etwa 180° R (225° C) erwärmt, so wird es strohgelb, bis 300° R erwärmt, blau. Indem die Anlauffarben mit der Temperatur in Beziehung stehen, so sind sie ein praktisches Mittel, annähernd aus ihnen einen Schluß auf die Erwärmung, beziehungsweise Härteverminderung zu ziehen. Eine Härteverminderung tritt aber nur ein, wenn der Stahl vorher glashart gemacht war.

Beim Härten macht man den Stahl glühend, taucht ihn ins Wasser und rührt, um ihn rasch zu kühlen. Der so glashart gemachte Stahl wird nachgelassen, indem man ihn blank schleift und bis zum Auftreten der gewünschten Anlauffarbe erwärmt und rasch im Wasser abkühlt.

Bei Meißeln, Bohrern und ähnlichen Werkzeugen braucht man nur die Schneide von bestimmter Härte; man macht das Werkzeug an dem der Schneide nahen Ende glühend, kühlt in Wasser ab, schleift an der Schneide blank und erhitzt hinter derselben, bis durch Wärmeleitung an dem blankgeschliffenen Teile die Anlauffarben aufzutreten beginnen. Nähert sich der Schneide jene Farbe, zu welcher das Werkzeug nachgelassen werden soll, so wird rasch abgekühlt.

Mit der Härte des Stahles steht seine Elastizität und Zähigkeit in einer gewissen Beziehung. Je härter der Stahl, desto spröder ist er im allgemeinen. Einen glashart gemachten Stahl kann man nicht biegen. Läßt man ihn bis zur blauen Farbe nach, so kann man ihn bedeutend elastisch, oft auch bleibend, durchbiegen; er hat einen hohen Grad von Elastizität, geringere Sprödigkeit und eignet sich für gewisse Zwecke ausgezeichnet. Der gelbharte Stahl hat wenig von der Sprödigkeit und der Härte verloren, mehr der rotharte Stahl. Ganz entsprechend der Reihenfolge der Anlauffarben — lichtgelb, gelb, orange, rot, violett, blau — sinkt die Härte und Sprödigkeit. Bei Schneidinstrumenten wird, je härter das Material ist, welches man damit bearbeitet, desto härter auch das Werkzeug sein müssen. Man macht die Werkzeuge, die auf Stahl arbeiten, gelbhart, die auf Messing rothart, und die auf Holz blauhart.

Eine Verbindung von Glashartmachen und Nachlassen kann auch bei einer einzigen Erhitzung stattfinden. Es wäre z. B. ein Meißel zu härten: Man macht das Werkzeug (meist im Schmiedefeuer) vorn glühend; dadurch wird das ganze Werkzeug heiß. Nun fährt man damit, mit der Schneide voraus, auf geringe Tiefe ins Härtewasser, kühlt es daher nur teilweise ab, so daß hinten der Schaft des Werkzeuges, welcher in der Zange gehalten wird, noch heiß bleibt. Nach der Abkühlung des vorderen Teiles schleift

man das Werkzeug an der Schneide möglichst rasch blank und beobachtet sofort, wie die Anlauffarben infolge des Vorwärtsschreitens der Hitze aus dem nicht gekühlten Teile an der Schneide entstehen, und kühlt beim Eintritt der gewünschten Farbe den Meißel vollständig ab.

Beim Härten gibt es verschiedene Vorgänge. Jeder Stahl, der rasch abgekühlt wird, verhält sich nur dann gut, wenn die Erhitzung und das Abkühlen gleichmäßig waren. War die Erhitzung oder das Abkühlen sehr ungleichmäßig, so entstehen sehr häufig Risse (Härterisse); bei dünnen Stahlplättchen oder ungleicher Massenverteilung findet auch oft eine unliebsame Formänderung, Verziehen, Werfen statt. Ungleiche Massenverteilung ist häufig die Ursache von Härterissen, und es sind gewisse Vorsichten zu beobachten. Z. B. bei einem Messer, das im Rücken stark und in der Schneide dünn ausgeschmiedet ist, könnten leicht Härterisse entstehen, wenn man das Messer zuerst mit der dünnen Seite eintauchen würde. Es ist viel sicherer, wenn man zuerst mit dem Rücken ins Wasser fährt und die Schneide folgen läßt.

Damit das Glühen gleichmäßig erfolgt, ist es gut, zur Erhitzung statt eines Schmiedefeuers einen Muffelofen anzuwenden, insbesondere bei Stücken ungleicher Massenverteilung oder bedeutender Größe. (S. Mittel zur Erhitzung). Vorteilhaft ist auch die Anwendung des „Bleihärteofens", es ist dies ein Ofen mit eingesetztem, mit Blei gefülltem Tiegel. Die Oxydation des Bleies wird durch aufgegebenes Holzkohlenklein verhindert und die Ofentemperatur — zirka 800° C — pyrometrisch gemessen.

Es gibt eine Reihe von Kunstgriffen, die man anwenden kann, um Härterisse zu vermeiden.

Wenn beispielsweise ein Stahlzylinder (Walze) gehärtet werden soll, so wird derselbe an den Enden mit warm aufgezogenen schmiedeeisernen Reifen armiert. Ein schwierig zu härtender Gegenstand ist eine Kreissäge oder eine große Fräse. Man hilft sich, indem man derlei Stahlscheiben zwischen passende schmiedeeiserne Scheiben spannt, mit diesen glühend macht und im Wasser abkühlt. Dadurch beseitigt man die Gefahr des Werfens und Reißens.

Sind Stahlstücke zylindrischer Form mit eingedrehten Nuten zu härten, so verhindert man das Reißen an der Nut dadurch, daß man in dieselbe ein Asbestband einlegt. — Ringe (Kaliber) und Stahlstücke mit kugel- oder kegelförmigen Vertiefungen (Schellhämmer) härtet man vorteilhaft durch einen vertikal aufwärts gerichteten Wasserstrahl.

Hervorzuheben ist auch die sogenannte gebrochene Härtung, bei welcher man z. B. für Spiralbohrer nach deren Erhitzung im Bleihärteofen zuerst ein Bad aus Wasser mit 2% Kochsalz, sodann ein Mineralölbad verwendet. In ersteres wird das Werkzeug vertikal durch sehr kurze Zeit (etwa 2 bis 3 Sekunden) eingetaucht, sodann im Ölbade völlig abgekühlt. Zu sehr gleichmäßigem Nachlassen glashart gemachter Stücke läßt sich ein Ölnachlaßapparat verwenden, welcher aus einem zur Nachlaßtempe-

ratur geheizten Ölbade besteht. Das Öl ist sogenanntes Hochflammöl, gewonnen aus Petroleumrückständen.

Wenn viele kleinere Stücke zu härten sind, so macht man sie in einer Büchse glühend, wirft dann den Inhalt der Büchse ins Wasser, trocknet denselben, legt ihn auf eine Platte und erwärmt ihn in einem Ofen, bis eines oder mehrere Stücke, die vorher blank geschliffen wurden, die richtige Anlauffarbe zeigen, um sofort in Wasser abzukühlen.

Für das Härten werden häufig statt Wasser Fett, Öl, Tran und Fettmischungen gebraucht. Das Fett hat ein geringeres Wärmeleitungsvermögen, und daher treten beim Abkühlen im Fett Härterisse nicht so leicht auf wie beim Abkühlen im Wasser; dies geschieht auch dann, wenn man auf das Wasser nur eine Fettschicht gibt und das glühende Stück durch dieselbe ins Wasser taucht. Denn sobald das glühende Stück durch das Öl ins Wasser tritt, überzieht es sich mit einer dünnen Schicht von Kohlenstoff und heißem Öl und die Wärmeleitung im Wasser geht langsamer vor sich, daher auch das Reißen seltener auftritt. Man wendet dieses Verfahren sehr oft bei empfindlicheren Stücken an.[1])

Durch Härten im Wasser glashart gemachte Stücke können dadurch zur blauen Farbe nachgelassen werden, daß man sie in Öl taucht, über einem Feuer so lange erhitzt, bis das Ol zu brennen beginnt und hierauf in Wasser abkühlt. Diesen Vorgang nennt man Abbrennen.

In kochendem Wasser kann man nicht härten, weil es so nahe der Verdampfung ist, daß das glühende Stück sofort von einer Dampfschicht eingehüllt wird, welche die Wärmeleitung und daher auch das Härten verhindert. Durch Oberbergrat Jarolimek wurden Versuche gemacht, in Wasser von höherer Temperatur als 100° C zu härten. Jarolimek ließ aus einem Dampfkessel heißes Wasser auf ein glühendes Stahlstück ausspritzen; die Härtung war eine gute (Strahlhärtung). Das steht mit dem Gesagten nur in scheinbarem Widerspruche. Durch das Ausspritzen des Wassers, das eine Temperatur von 120° und mehr haben kann, ist die Bildung einer Dampfhülle nicht möglich, weil der Strahl, der gegen das Stück trifft, sich immer erneuert und eine rasche Abkühlung bis zu der Temperatur des Kesselwassers bewirkt.

Statt dem Glashartmachen das Nachlassen folgen zu lassen, kann man Stahl auch dadurch zur gewünschten Härte bringen, daß man den glühenden Stahl in einer Zinn-Bleilegierung von solchem Schmelzpunkte abkühlt, welcher der Temperatur der gewünschten Anlauffarbe entspricht. Der Vorgang des Härtens besteht hierbei in der Abkühlung des glühenden Stahles in einer hinreichenden Menge der geschmolzenen Zinn-Bleilegierung. Man kühlt den Stahl mithin nur bis zur Temperatur der Legierung ab. Infolge-

[1]) Werkmeister Berg in Nürnberg verwendet Legierungen zur genauen Bestimmung der Anlaßtemperatur von in Öl gehärteten Gewindbohrern u. dgl. Dieselben werden in einem geheizten Sandbade so lange unter öfterem Wenden erwärmt, bis eine angeriebene Legierung Schmelzung zeigt, dann abgekühlt.

dessen bekommt der Stahl nicht Glashärte, sondern annäherungsweise jene Härte, welche dem Glashartmachen und nachfolgenden Anlassen bis zu jener Anlauffarbe entspricht, deren Temperatur nahezu gleich ist der Temperatur des Metallbades. Es ist dies ein vereinfachter, aber sehr teurer Vorgang, weil diese Legierungen durch Abbrand (Asche) allmählich verbraucht werden, selbst wenn man durch Bestreuen mit Salmiak oder Holzkohlenpulver die Oxydation mindert. Auch muß die Menge der Legierung eine solche sein, daß die Abkühlung des Stahles ohne wesentliche Temperaturerhöhung des Bades erfolgen kann.

Solche Legierungen sind z. B.[1])

für strohgelb	2 Teile Blei,	1 Teil Zinn,	entsprechend	225° C
„ dunkelgelb	9 „ „	4 „	„ „	240° C
„ purpurrot	3 „ „	1 „	„ „	250° C
„ violett	9 „ „	2 „	„ „	263° C
„ blau	Blei allein			323° C

Statt diesen Legierungen ließe sich auch Hochflammöl (s. o.), zur geeigneten Temperatur erhitzt, verwenden. Hierdurch würde derselbe Zweck billiger erreicht.

Beim Härten der Feilen ist eine besondere Behandlung geboten. Nach dem Hauen (Versehen mit dem Hiebe) werden die Feilen vor dem Glühendmachen mit einer schützenden Kruste überzogen, welche verhindert, daß die Zähnchen des Hiebes bei dem Glühendmachen der Feile mit einer Oxydschicht überzogen und hierdurch abgestumpft werden. Die schützende Schicht ist eine Komposition, die aus kohlenstoffhaltigen Substanzen besteht (z. B. mit dextrinhaltigem Wasser angerührtes feines Klauenpulver). Die Feilen werden glashart gehärtet, die Angel aber bleibt weich. Das Weichbleiben der Angel erreicht man dadurch, daß man dieselbe nicht glühend macht oder ihr, wenn sie glashart gemacht wurde, durch Einklemmen in eine glühende Zange die Härte nimmt.

Das Härten des Schnelldrehstahles erfolgt in der Weise, daß der zur hellsten Rotglut oder Weißglut gebrachte Stahl im Luftstrome eines Ventilators oder in Rindstalg abgekühlt wird. Die verschiedenen Stahlwerke geben diesbezüglich etwas abweichende Vorschriften.

Wird Schnelldrehstahl in Kohlenklein in mit Lehm verschmierter Blechbüchse auf 900° erhitzt und sehr langsam erkalten gelassen, so wird er weich und läßt sich fräsen. (S. S. 116.) Auch Kohlenstoffstahl kann durch gleiche oder ähnliche Behandlung weich gemacht werden und läßt dann die Bearbeitung durch den Stempelschneider und Graveur zu. Für den Großbetrieb — insbesondere in Werkzeugfabriken — ist zu raschem und sicherem Härten der Härteofen mit elektrischer Heizung des Schmelz-

[1]) S. Wiebe, Handbuch der Maschinenkunde. Stuttgart 1858. 1. Bd.: Maschinenbaumaterialien, S. 273.

bades[1]) ausgezeichnet. Das Schmelzbad besteht für Temperaturen zwischen 800 bis 1400° C aus Chlorbarium und wird die Temperatur pyrometrisch gemessen. Der Ofen besitzt eine das Bad aufnehmende Wanne, einen Mantel und eine Zwischenschichte von Asbest. Die Elektroden sind schmiedeeiserne Platten, welche an zwei zueinander parallelen Wänden der Schmelzwanne angebracht sind. Die Erhitzung der zu härtenden Stücke erfolgt durch Einhängen an Eisendraht binnen sehr kurzer Zeit; erscheinen dieselben nicht mehr dunkler als das durchsichtige Schmelzbad, so haben sie die Temperatur desselben angenommen.

Der Härtevorgang hat etwas Überraschendes an sich, um so mehr, als mit dem Härtungsprozeß auch Veränderungen im Volumen verbunden sind. Der glasharte Stahl hat ein größeres Volumen als der ungehärtete. Worin besteht nun die Erscheinung des Härtens?

Graues Roheisen wird zu weißem, weit härterem Roheisen, wenn man es aus dem geschmolzenen Zustande rasch in den festen überführt, z. B. durch Eingießen in Wasser. Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, daß der Kohlenstoff im weißen Eisen gebunden, beziehungsweise in anderer Form enthalten ist als im grauen.

Das Verhalten des grauen Roheisens hat demnach Ähnlichkeit mit den Härteerscheinungen beim Stahle, nur ist die Erklärung minder einfach.

Es gibt gewisse Stahlsorten, welche, in kalter Salzsäure gelöst, keinen schwarzen Rückstand zurücklassen. Es gibt wieder andere Stahlsorten, welche einen schwarzen Rückstand zurücklassen, der sich jedoch in heißer Salzsäure löst; endlich kommen Fälle vor, wo Stahl einen auch in heißer Salzsäure nicht löslichen schwarzen Rückstand zurückläßt.

Indem nun diese und ähnliche Erscheinungen analytisch näher untersucht wurden, gelangte man zu der berechtigten Annahme, daß der Kohlenstoff nicht nur als Graphit und „chemisch gebunden" in den verschiedenen Eisensorten auftritt, sondern daß ein vierfaches Vorkommen zu unterscheiden ist, und zwar als:

1. Graphit 2. Temperkohle	} optisch nachweisbar.	
3. Karbidkohle 4. Härtungskohle	} gebundener Kohlenstoff	} optisch nicht nachweisbar.

Beim Lösen des Eisens in kalter Salzsäure geht die Härtungskohle als Kohlenwasserstoff weg, alle übrigen Formen bilden einen schwarzen Rückstand. Aus diesem löst sich Karbidkohlenstoff (wahrscheinlich eine chemische Verbindung von Eisen und Kohlenstoff) unter Gasentwicklung in heißer Salzsäure. Temperkohle und Graphit bleiben ungelöst. Temperkohle ist ein äußerst feines amorphes schwarzes Pulver, Graphit bildet kristallinische Blättchen von graphitischem Glanze.

[1]) Von der Allgem. Elektr.-Gesellschaft in Berlin und der A. E. G.-Union-Elektr.-Gesellschaft in Wien.

Die Graphitabscheidung wird begünstigt durch sehr langsamen Übergang aus dem geschmolzenen Zustande in den festen; die Abscheidung, beziehungsweise Bildung des Temperkohlenstoffes durch länger dauernde Weißglut, jene des Karbidkohlenstoffes durch längere Rotglut. Glühender Stahl, rasch gekühlt, enthält mehr Härtungskohle, derselbe Stahl, naturhart, mehr Karbidkohle.

Der Härtungsprozeß des Stahles ist daher wohl ebenso eine Veränderung der chemischen Natur des Stahles, wie die Umwandlung des grauen Roheisens in weißes.

In den letzten Jahren hat auch die mikroskopische Untersuchung des Eisens sich mehr und mehr eingeführt. Die Beobachtung erfolgt durch ein Mikroskop nach Art des auf S. 39, Abb. 67, angegebenen und ist das Instrument vorteilhaft mit beweglichem Tische so einzurichten, daß größere Stücke mit eben geschliffenem, poliertem und schwach geätztem Querschnitte untersucht werden können.

Es sind bei der mikroskopischen Untersuchung des Eisens verschiedene Gefügeelemente beobachtet worden, für welche, abgesehen von Hohlräumen (Gasblasen, Lunker) und Graphit, die Benennungen Ferrit, Zementit, Perlit, Martensit, Austenit, Sorbit, Troostit u. a. gewählt wurden. Das Mikroskop weist auf der geschliffenen, polierten und geätzten Oberfläche der verschiedenen Eisensorten oder auch bei derselben Eisensorte, aber nach verschiedener thermischer Behandlung derselben, die genannten Gefügeelemente auf, zu deren Erkennung sich das betrachtende Auge schulen muß. Die mikroskopische Beobachtung dieser Elemente im Eisen begegnet größeren Schwierigkeiten als die mikroskopische Untersuchung organisierter Materialien pflanzlicher oder tierischer Abstammung, bei welchen der Bau der Zellen und deren Verbindungsweise charakteristische Merkmale der Beobachtung darbieten. Ähnlicher Merkmale entbehrt man bei der mikroskopischen Metalluntersuchung, und wenn das betrachtende Auge am geätzten Schliffe eines Metalles Gefügeelemente beobachtet, so ist zwischen der optischen Wahrnehmung und der Beantwortung der Frage nach der Wesenheit des durch das Auge als Gefügeelement angesehenen Bildes noch ein weiter, schwieriger Weg. Erst durch die Heranziehung der Resultate physikalischer Forschungen auf verwandten Gebieten gelang die teilweise Lösung wichtiger Fragen.

Es sei über das mikroskopische Kleingefüge des Eisens, d. i. über die früher genannten Gefügeelemente, nur das Folgende hier aufgenommen:

Der Ferrit ist reines Eisen. Beim sogenannten Reliefschleifen, d. h. einem Schleifen, bei welchem das Schleif-, beziehungsweise Poliermittel auf weicher Unterlage zur Wirkung gebracht wird, erscheint der Ferrit vertieft und matt. Durch das „Ätzpolieren“, Abreiben des Probestückes auf mit Wienerkalk und Süßholzextrakt bekleidetem Pergamente, soll man den analogen Effekt rascher erreichen. Nach Stead ändern die Ferritkörner in

fast kohlenstofffreiem Eisen, bei längerer Erhitzung auf zirka 700° C, derart ihre gegenseitige Lage, daß sich sehr grobkörniges Gefüge entwickelt.

Der Zementit ist hart, besonders im Zementstahl deutlich entwickelt, erscheint beim Reliefpolieren erhaben und entspricht dem Karbid Fe_3C. Im mikroskopischen Bilde erscheint Zementit licht, aber mit stärkerem Metallglanze als Ferrit.

Perlit besteht aus abwechselnden, sehr feinen, weichen und harten Lamellen und ist ein Gemenge von Ferrit und Zementit, welches bei schräger Beleuchtung perlmutterartiges Irisieren zeigt; daher der Name. Perlit erscheint blättrig oder körnig im mikroskopischen Bilde.

Der Martensit findet sich nur im gehärteten Stahle, beim Planpolieren erscheint er silberweiß und gelblich und zeigt Gruppen von Nadeln.

Der Austenit ist ein Gefügeelement, welches sich nur zeigt, wenn kohlenstoffreiches Eisen von sehr hoher Temperatur in Eiswasser abgeschreckt wird. Beim Planpolieren erscheint der Austenit schwachgrau, seine Härte ist gering.

Sorbit tritt nur als Gefügeelement des Perlits auf und ist durch gewisse Reaktionen erkennbar, während der Troostit in Form bandförmiger Streifen bei Eisen mit zirka 0·9% C im mikroskopischen Bilde erscheint, wenn dieses Eisen bei 700° C gehärtet wurde.

Diese Gefügeelemente sind für die Wiedergabe im Bilde, schwarz auf weiß, jedoch nicht so charakteristisch, wie dies wünschenswert wäre. (Vgl. Tafel VIII des Jüptner'schen Werkes „Siderologie".)

Bestimmtes über die chemische Konstitution des Austenits, Martensits, Sorbits und Troostits ist nicht bekannt, doch spricht v. Jüptner die Vermutung aus, es sei

Austenit	eine Lösung	von	C	in	Fe,
Martensit	„	„	C_2Fe_6	„	Fe,
Troostit	„	„	C_3Fe_9	„	Fe,
Perlit	ein Gemenge	von	C_4Fe_{12}	und	Fe,

und begründet diese Vermutung in schöner Weise durch die Analogie der Verbindungen C_2F_6, C_3Fe_9, C_4Fe_{12} mit den gleichfalls polymeren Kohlenwasserstoffen C_2H_4, C_3H_6, C_4H_8 (Äthylen, Prophylen, Butylen), welche sich nach Campbells Untersuchungen beim Lösen von Eisen in Säuren entwickeln, und in welchen man nur H_2 durch Fe_3 zu substituieren braucht. Jüptners Vermutung läßt sich noch weiter durch folgende Tatsachen stützen:

Erhitzt man Stahl mit 0·9% C, so findet man, daß die Ausdehnung desselben bis in die Nähe von 700° C ganz regelmäßig verläuft. Bei weiterer Erwärmung tritt plötzlich eine Zusammenziehung des Materials, gefolgt von einer ebenso plötzlichen Ausdehnung bis zum früheren Maximalvolumen ein, und von diesem Punkte an schreitet dann die Ausdehnung wieder regelmäßig fort. Härtet man nun den Stahl unmittelbar vor dem Eintritte der

Kontraktion, so besteht er nur aus Perlit; härtet man ihn unmittelbar nach der plötzlichen Wiederausdehnung, so hat man nur Martensit; erfolgt die Härtung endlich bei jener Temperatur, welche zwischen der Kontraktion und nachfolgenden Wiederausdehnung liegt, so besteht er zumeist aus Troostit. Da nun Troostit und Martensit homogene Körper sind und ersterer den Übergang des Martensits zum Perlit nach obigen Versuchsergebnissen bildet, so muß auch er eine feste Lösung von Eisenkarbid in Eisen darstellen, und liegt die Annahme nahe, daß er jenes Karbid enthalten müsse, welches zwischen dem des Martensits und jenem des Perlits liegt. — Diese Annahme erklärt aber auch die vorerwähnten plötzlichen Volumsänderungen ziemlich gut, denn ist nach Jüptners Annahme der Martensit C_2Fe_6, der Troostit C_3Fe_9, so muß sich die Umwandlung nach der Gleichung $3\,C_2Fe_6 = 2\,C_3Fe_9$ vollziehen. Die Zahl der gelösten Moleküle des Martensits ist 3, des Troostits nur 2, und hierdurch kann ganz leicht eine Volumsveränderung der festen Lösung eintreten. Der Ausdruck „feste Lösung“ kann als ungewöhnliche oder ungewohnte Ausdrucksweise erscheinen; es gibt aber tatsächlich feste Körper, welche als feste Lösungen betrachtet werden müssen, weil sie bei Temperaturänderungen ganz analoge Umwandlungen erfahren wie flüssige Lösungen; Umwandlungen, beziehungsweise Zustandsänderungen, welche sich ungezwungen und leicht erklären, wenn man die bei flüssigen, ja sogar bei wässerigen Lösungen gewonnenen Erkenntnisse überträgt.

Bevor wir hierauf etwas näher eingehen, sei noch einer ähnlichen Begriffserweiterung Erwähnung getan. Der Begriff Diffusion bezog sich seit lange auf Gase und Flüssigkeiten. Die Erscheinungen beim Zementieren des Eisens zwangen aber zu der Annahme, daß beim Zementieren eine molekulare Wanderung der festen, glühenden Kohlenstoffmoleküle in das gleichfalls feste, glühende Eisen stattfinde, also eine Diffusion zwischen zwei festen Körpern möglich sei. Neuerlich wurde nun gezeigt, daß Gold, Platin, Silber in Blei, Zinn, Wismut diffundieren können. Legt man z. B. in ein zylindrisches Gefäß unten Goldblech (oder Platin oder Silber), darauf einen Bleizylinder oder Bleischeiben und erwärmt über 100° C, so findet eine Diffusion des Goldes ins Blei derart statt, daß die unmittelbar das Gold berührende Scheibe am meisten, jede höher liegende weniger und weniger Gold aufnimmt. Es ist daher die Möglichkeit der Diffusion fester Körper in feste Körper auch hierdurch erwiesen.

Betrachten wir nun einige Analogien bekannter flüssiger Lösungen mit anderen, weniger bekannten Lösungen. Vergleichen wir zunächst das Verhalten der wässerigen Kochsalzlösungen oder Wasser und Kochsalz mit Silber-Kupferlegierungen oder Silber und Kupfer, so finden wir: Bei der Temperaturerniedrigung des Gemisches (Lösung) von Wasser und Kochsalz scheidet sich, je nach der Konzentration derselben, entweder Wasser in Form reinen Eises oder Kochsalz kristallinisch aus, bei einem bestimmten Konzentrationsgrade findet aber weder die Abscheidung von Eis noch

von Kochsalz statt, sondern die Lösung geht plötzlich in den festen Zustand über.

Es läßt sich dieses Verhalten sehr schön graphisch darstellen. Die Ordinaten bedeuten in nachstehender Abb. 92 die Temperaturen, die Abszissen, die Verhältniszahl des Salzgehaltes in 100 Gewichtsteilen der Flüssigkeit.

Besitzt eine Kochsalzlösung z. B. 14% Kochsalz und eine Temperatur von 20° C, so entspricht dieser Spezialfall dem Punkte *m* in Abb. 92. Kühlen wir diese Lösung ab, so durchläuft der Punkt *m* die Vertikale *mm'*. Der Punkt *m'* entspricht in seiner Ordinate jener Temperatur, bei welcher bereits reines Eis abgeschieden wird. Die Abscheidung des Eises bei Herabminderung der Temperatur beginnt je nach der Konzentration der Salzlösung bei verschiedenen Temperaturen. Hätten wir eine 10%ige Salzlösung

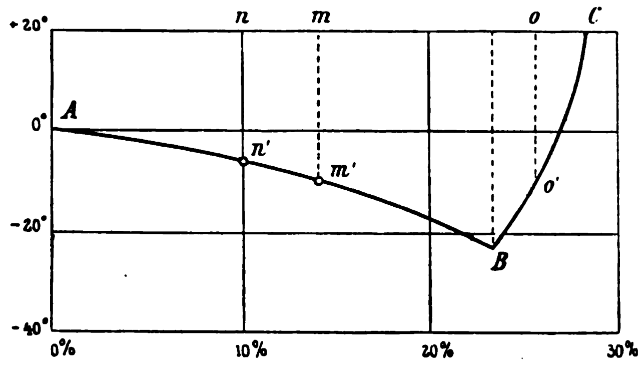


Abb. 92. Verhalten der Kochsalzlösungen.

abgekühlt, so hätte die Eisbildung bei jener Temperatur begonnen, welche der Höhenlage des Punktes *n'* entspricht usw. Durch Verbindung dieser Punkte erhalten wir die Linie *AB* oder die Kurve für die Eisbildung (Erstarrungskurve des Wassers). Kehren wir zu unserem Beispiele mit der 14%igen Lösung zurück, so erkennen wir leicht, daß der Punkt *m* bei fortschreitender Eisbildung sich in der Erstarrungskurve des Wassers von *m'* gegen *B* bewegen muß, beziehungsweise die Kurve *AB* von *m'* gegen *B* durchläuft, denn die fortgesetzte Eisbildung bedingt eine Zunahme der Konzentration des flüssigbleibenden Restes, und weitere Eisbildung findet nur bei weiterer Temperaturverminderung statt, daher nehmen die Abszissen zu, die Ordinaten ab, bis *m'* nach *B* gelangt ist. Ist dies geschehen, so findet keine weitere Eisbildung statt, sondern es erstarrt die gesamte Flüssigkeit plötzlich. Es erstarrt die 23·5%ige Lösung bei —22° C. Der Punkt *B* hat daher eine besondere Bedeutung, welche aus dem Folgenden noch klarer hervorgehen wird.

Nehmen wir nun an, wir hätten eine 26%ige Salzlösung von 20° C, so ist dieser Zustand durch den Punkt *o* gekennzeichnet. Kühlt man die Lösung bis *o'* ab, so kristallisiert Kochsalz aus. Punkt *o'* gehört der Kurve *BC* an, welche man die Kurve der Salzausscheidung oder Kristallisationskurve

des Chlornatriums nennen könnte. Bei weiterer Abkühlung schreitet *o'* in Kurve *CB* von *o'* bis *B*. Die verbleibende Flüssigkeit wird fortschreitend ärmer an Kochsalz, bis sie 23·5%ig wird, weiter kein Kochsalz auskristallisiert, sondern bei — 22° C plötzliche Erstarrung der Salzlösung eintritt. Diesen Zustand der Kochsalzlösung nannte Gouthrie eutektisch, wohl von ευτήχω, gut schmelzbar, abgeleitet. Diese Lösung verdiente viel eher die Bezeichnung prozentisch-konstante Lösung.

Man kann den Punkt *B* ganz wohl als kritischen Punkt bezeichnen, denn in ihm ist ein ganz bestimmter Zustand markiert, welcher sich dadurch kennzeichnet, daß bei Wärmeentziehung weder Eis noch kristallisiertes Kochsalz sich abscheidet, sondern plötzliches Erstarren eintritt.

Betrachten wir nun Gemenge von Silber und Kupfer, Legierungen dieser Metalle, so läßt sich das Verhalten dieser Gemenge durch Abb. 93

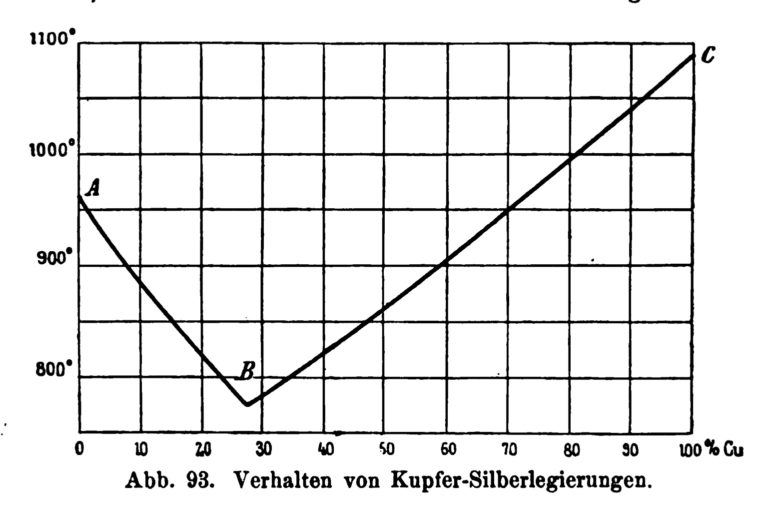


Abb. 93. Verhalten von Kupfer-Silberlegierungen.

darstellen, in welcher Abbildung die Abszissen wieder der prozentischen Zusammensetzung, die Ordinaten den Temperaturen entsprechen. Es liegt in der Natur der Sache, daß hier viel höhere Temperaturen in Frage kommen. Im übrigen ist jedoch sofort ersichtlich, daß Abb. 93 ganz den Charakter der Abb. 92 besitzt. Die Linie *AB* bezeichnet die Ausscheidungskurve des reinen Silbers, *BC* die Ausscheidungskurve reinen Kupfers, Punkt *B* bezeichnet die eutektische (konstante) Legierung, bestehend aus 72 Silber und 28 Kupfer, erstarrend bei 775° C.

Es kann nun wohl gefragt werden, auf welche Art es denn möglich sei, die Ausscheidung reinen Silbers beziehungsweise Kupfers bei den einzelnen Temperaturgraden in einer flüssigen Silber-Kupfer-Legierung zu erkennen. — Die Temperaturbestimmungen unterliegen beim Gebrauche des Le Chatelier-Pyrometers keinen großen Schwierigkeiten, ebenso lassen sich x Teile Silber ohne Schwierigkeit mit y Teilen Kupfer legieren. Ist diese Legierung auf 1090° C, den Schmelzpunkt des Kupfers, erhitzt, so ist weder Silber noch Kupfer als solches ausgeschieden, vielmehr beginnt die Aus-

scheidung des einen oder andern Bestandteiles je nach dem Mengungsverhältnisse erst bei einer niedrigeren Temperatur. Läßt man nun unter fortgesetzter pyrometrischer Beobachtung die Legierung allmählich kälter werden, so wird dieselbe die Temperaturen 1050, 1000, 950, 900 usw. durchlaufen. In diesen Temperaturzuständen schöpft man Proben, welche so plötzlich abgekühlt werden, daß zu Ausscheidungen reinen Silbers, beziehungsweise Kupfers, wenn diese Ausscheidungen nicht schon im geschmolzenen Metalle erfolgten, keine Zeit bleibt. Die so erhaltenen Proben werden im Wege der Metallmikroskopie untersucht und diese Untersuchung zeigt, ob in der plötzlich erstarrten Masse freies Silber, beziehungsweise Kupfer enthalten ist. Auf diesem allerdings sehr mühsamen Wege ist es möglich, Einzelpunkte der Kurven *AB* und *BC* zu bestimmen, durch deren Verbindung mittels eines stetigen Linienzuges schließlich das Bild Abb. 93 erzielbar ist. Derartige Bestimmungen haben nicht allein wissenschaftlichen, sondern auch praktischen Wert. Daß dieselben derzeit nur für einige Fälle durchgeführt wurden, darf nicht wundern, ist ja diese Methode der Forschung keine alte. Nur durch emsige Pflege dieser und ähnlicher Untersuchungen wird endlich Klarheit in das Gebiet der Legierungen, zu welchen auch der Stahl gerechnet werden kann, gebracht werden können.

Wie so oft, eilte die technische Praxis auch in diesem Zweige der theoretischen Erkenntnis voraus. Viele Legierungen, z. B. die Argentane, manche Bronzen, Silber-Kupferlegierungen usw., werden in massive eiserne Formen gegossen, um rasche Erstarrung zu bewirken und dadurch homogene, gut walzbare Platten zu gewinnen.

Die durch Abb. 92 und 93 dargestellten Fälle sind verhältnismäßig einfach, und wurde hierbei mit Absicht von gewissen Komplikationen abgesehen, welche die bildliche Darstellung Abb. 93 etwas ändern würden, wenn sehr wenig Silber oder sehr wenig Kupfer in der Legierung enthalten ist. Betrachten wir nun einen zusammengesetzten Fall.

Ist Eisenchlorid Fe_2Cl_6 in Wasser gelöst, so treten, wie ein Blick auf Abb. 94 zeigt, weit kompliziertere Verhältnisse auf. Die Kurve *AB* entspricht der Abscheidung von Eis aus Eisenchloridlösungen, welche sehr wasserreich sind, die Kurve *BCD* der Abscheidung von $Fe_2Cl_6\,12\,H_2O$, Kurve *DEF* der Abscheidung von $Fe_2Cl_6\,7\,H_2O$, Kurve *FG* entspricht $Fe_2Cl_6\,5\,H_2O$, Kurve *HIK* der Verbindung $Fe_2Cl_6\,4\,H_2O$, endlich *KL* der Abscheidung des Anhydrides Fe_2Cl_6. Die punktierten Kurvenstücke entsprechen labilen Zuständen. Statt des e i n e n kritischen Punktes von Abb. 92 oder 93 sind hier f ü n f kritische Punkte. Beim Verdunsten einer Eisenchloridlösung, welche den Zustandsänderungen zwischen *C* und *G* entspricht, würde die Lösung zuerst zu $Fe_2Cl_6\,12\,H_2O$ eintrocknen, sodann zerfließen, hierauf zu $Fe_2Cl_6\,7\,H_2O$ eintrocknen (kristallinisch erstarren), nochmals zerfließen und zum dritten Male erstarren zu $Fe_2Cl_6\,5\,H_2O$, und dies alles zwischen *C* und *G* innerhalb eines Temperaturintervalles von etwa 20° C.

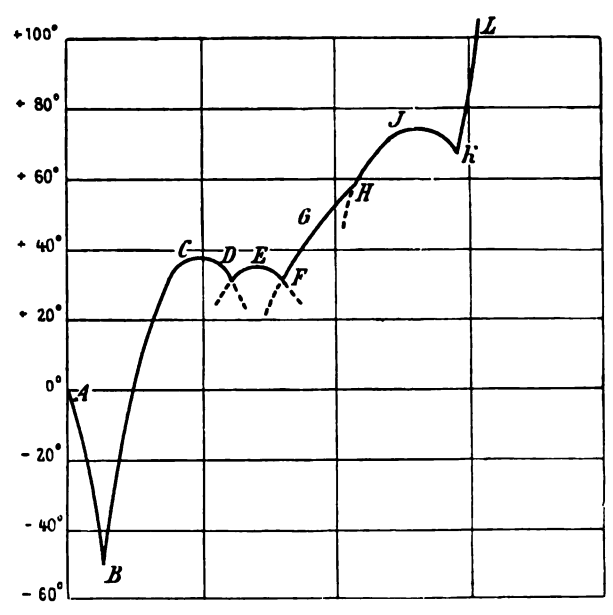


Abb. 94. Verhalten von Eisenchloridlösungen.

Dieses Beispiel zeigt, welch' zusammengesetzte Verhältnisse bei der Eisenchloridlösung auftreten.

Ein Analogon hierzu bildet der Stahl. Mit den Änderungen der Temperatur, den verschiedenen Graden der Glühhitze, treten verschiedene kritische Punkte auf, wie sich durch diskontinuierliche Wärmeänderung verrät; und die früher angegebenen Lösungen von C, C_2Fe_6, C_3Fe_9, C_4Fe_{12} in Eisen, welche nach Jüptner dem Austenit, Martensit, Troostit und Perlit entsprechen, finden ihre Analogie in den verschiedenen Eisenchloridhydraten, welche je nach Umständen aus der wässerigen Lösung von Eisenchlorid zur Abscheidung gelangen.

In den letzten Jahren bildete sich die physikalische Chemie und Metallographie[1]) immer mehr aus und wurde durch die Arbeiten vieler Forscher zu einer für den Eisenhüttenmann unentbehrlichen Beraterin. Auch die Materialprüfung kann diese Erkenntnisse kaum mehr entbehren. — Im Jahre 1900 überraschten die Amerikaner Taylor-White durch einen Werkzeugstahl, welcher, ohne seine Schneidfähigkeit zu verlieren, mit einer etwa fünffach größeren Schnittgeschwindigkeit arbeiten konnte und hierbei dicke Späne abtrennen ließ, welche, durch die Arbeit erhitzt, die blaue Anlauffarbe zeigten. Gewöhnlicher Kohlenstoffstahl wäre bei solchem Gebrauche in ein paar Sekunden stumpf geworden. Die Taylor-White'sche Erfindung wurde bald Gemeingut und

[1]) Siehe Freih. v. Jüptner: Die Siderologie, Leipzig, Artur Felix. — Heyn: Die Metallographie im Dienste der Hüttenkunde, Freiberg 1903. — Le Chatelier: La loi des phases. — Revue génér. d. sciences pures et appliquées X 759 (1899). — Howe: Jron, steel and other Alloys, Sauvuer & Whiting, Boston 1903. Als besondere Zeitschrift dieses Wissensgebietes ist „The Metallographist" zu nennen.

die Chrom-Wolframstähle (etwa 1% C, 3% Cr, 9% W, 87% Fe) kamen als Schnelldrehstahl in mannigfachste Verwendung. Das eigenartige Härteverfahren wurde bereits S. 106 besprochen und soll eine Erklärung des hochinteressanten Verhaltens nach den neuesten Forschungen hier gegeben werden.

Ist Kohlenstoffstahl in flüssigem Zustande und läßt man denselben langsam abkühlen, so findet zunächst die Abkühlung proportional der Zeit statt, bis der Stahl zu erstarren beginnt und die latente Wärme allmählich frei wird. Während der Periode der Erstarrung bleibt die Temperatur des Stahles konstant, um hierauf wieder stetig zu sinken, bis — gegen 700° C — unter neuerlicher Wärmeentwicklung eine innere, molekulare Veränderung im Stahle vor sich geht, nach deren Verlauf die Temperatur des Stahles wieder stetig sinkt. Bei rascher Abkühlung des noch über 700° erhitzten Stahles weist das Mikroskop Martensit nach, während im langsam ausgekühlten Stahle Perlit vorhanden ist. Der gelöste Kohlenstoff im Martensit ist in gebundenen Kohlenstoff im Perlit übergegangen, daher die oben bezeichnete Erscheinung. Man kann die Umwandlungsstelle, beziehungsweise Umwandlungstemperatur als kritischen Punkt und kritische Temperatur bezeichnen.

Analoge Erscheinungen treten bei der Erwärmung des Stahles auf, doch fallen die diesbezüglichen kritischen Temperaturen nicht genau mit jenen bei der Abkühlung zusammen. Es läßt sich ein besonders klares Bild der interessanten inneren Vorgänge nach der von Rob. Austin angewendeten und von Otto Böhler für die Untersuchung von Schnelldrehstählen benützten Methode gewinnen, welche darin besteht, in einen elektrischen Ofen zwei elektrische Pyrometer einzusetzen, den einen zur Wärmemessung des Ofeninnern, den zweiten zur Wärmemessung des zu untersuchenden Stahles. Von diesen Pyrometern sind Leitungsdrähte zu zwei Galvanometern derart geführt, daß an dem einen die im Ofen herrschende Temperatur, an dem zweiten Galvanometer aber die Differenz der Temperatur des Ofens und jener des Stahles abgelesen werden kann.

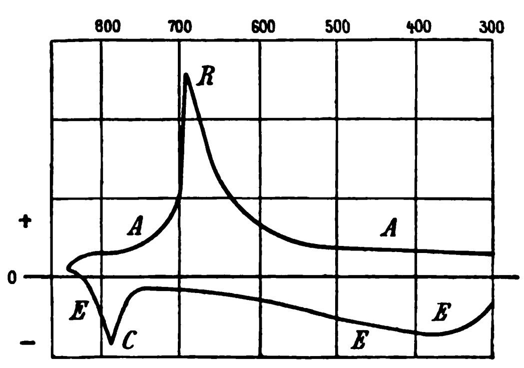


Abb. 95. Verhalten des Wolframstahles.

Trägt man die Ofentemperatur als Abszissen, obige Temperaturdifferenzen als Ordinaten auf, so erhält man Schaubilder, wie Abb. 95 ein solches zeigt. Hierbei stellt die Linie *ECE* die Erwärmungskurve, die Linie *ARA* die Abkühlungskurve dar. Der Punkt *C*, beziehungsweise die nach abwärts gerichtete Spitze entspricht der Wärmeaufnahme beim Übergange des Perlit in Martensit; *C* wird Kaleszenzpunkt genannt, während der Rekaleszenzpunkt *R*, beziehungsweise die nach aufwärts gerichtete Spitze die Wärmeabgabe beim Übergange des Martensit in Perlit erkennen läßt.

In unserer Abbildung[1]) liegt Punkt *C* nahe bei 800°, Punkt *R* bei 700°. Bei wiederholter Erwärmung ist die Lage des Kaleszenzpunktes *C* dieselbe, die Lage des Rekaleszenzpunktes verändert sich mit der erreichten Höhe der Erhitzung der sogenannten Initialtemperatur, der Rekaleszenzpunkt „wandert". Bei der Initialtemperatur von 1150° liegt Punkt *R* bei 500°. Der Kaleszenzpunkt ist nach Böhlers Versuchen bei verschiedenem Wolframgehalte an demselben Orte, der Rekaleszenzpunkt sowohl vom Wolframgehalte als von der Initialtemperatur abhängig.

Bei den Wolfram-Chromstählen (Schnelldrehstählen) ist die Lage des Kaleszenzpunktes gleichfalls ziemlich konstant zwischen 800° und 900°. Erhitzt man diesen Stahl aber auf 1150°, so weist die Abkühlungskurve keinen Rekaleszenzpunkt auf, d. h. es findet keine Umwandlung des Martensit in Perlit statt, der Stahl behält seine Härte. Je höher man Wolfram-Chromstähle erhitzt, desto tiefer rückt bei der Abkühlung die Umwandlung des Martensits in Perlit, und bei der Erhitzung bis 1150° verschwindet diese Umwandlung gänzlich und die Abkühlungskurve wird zu einer schwach welligen, nahezu horizontalen Linie.

Es findet also beim Härten oder Vergüten des Schnelldrehstahles keine Umwandlung in Perlit statt, dieser vergütete Stahl enthält nur Martensit, er verdankt seine Härte der Härtungskohle und seine Schnitthaltigkeit dem Umstande, daß der gehärtete Zustand zu einem innerhalb weiter Grenzen stabilen gemacht wurde. Erst dann, wenn dieser Stahl gegen 900° erhitzt wird und sodann langsam abkühlt, tritt die Umwandlung des Martensits in Perlit bei 700° ein, der Stahl erlangt Weichheit und läßt sich bearbeiten.

Diese Darlegungen zeigten, daß die S. 107 besprochenen vier Modifikationen des Kohlenstoffes im Eisen die auffälligen Erscheinungen an Eisen und Stahl allein nicht erklären, und daß die neueren Forschungen, welche nicht abgeschlossen sind, weitere Erkenntnisse lieferten.

Von der Schweißbarkeit.

Eine sehr wichtige Eigenschaft des Schweißeisens und des Schweißstahles, des Flußeisens und des Flußstahles, also sämtlicher schmiedbarer Eisensorten, ist die Schweißbarkeit. Darunter versteht man jene Eigenschaft, welche ein Verbinden zweier Stücke bei entsprechender Glühhitze durch Zusammenpressen oder entsprechendes Hämmern möglich macht. Schweißeisen läßt sich leichter schweißen als Flußeisen.

Wenn man zwei Stücke schmiedbaren Eisens zur Schweißhitze erhitzt, in diesem Zustande aufeinander legt und durch entsprechende Hammerbehandlung die beiden sich berührenden Flächen gegeneinander preßt, so wird eine innige Verbindung der beiden Stücke hervorgebracht.

Je kohlenstoffärmer das schmiedbare Eisen ist, desto leichter läßt es sich schweißen. Sehr kohlenstoffreicher, aber immer noch schmiedbarer Stahl ist entweder sehr schwer oder gar nicht mehr schweißbar.

---

[1]) Aus Dr.-Ing. Otto A. Böhler, Wolfram und Rapidstahl, Wien 1904, S. 22.

Die Schweißbarkeit des Eisens ist ähnlich der Zusammenknetbarkeit des Wachses. Zwei Wachsstücke, erwärmt und gegeneinander gedrückt, verbinden sich; es ist so eine Schweißung des Wachses vor sich gegangen. Zwei kalte Wachsstücke gegeneinander gedrückt, verbinden sich nicht. Guttapercha zeigt ein ähnliches Verhalten. Auf 70° erwärmt, lassen sich Guttaperchastücke vereinigen. Die Erwärmung erfolgt hier in Wasser von 70° C, weil eine raschere Wärmeleitung vor sich geht und die Gefahr höherer Erhitzung einzelner Teile, welche eine Zersetzung dieser Substanz bedingen würde, beseitigt ist.

Vom Schweißen des Eisens wird häufig Anwendung gemacht (s. Näheres später bei Schmieden).

Erleichtert wird das Schweißen weichen Eisens, wenn man die sich bildenden Oxyde durch Aufwerfen von Quarzsand in Lösung bringt. Es bildet sich eine Schlacke, welche durch die Hammerwirkung ausgequetscht wird; dadurch kommen die beiden Stücke in innige Berührung und verbinden sich. Bei Stahl wird zur Lösung des sich bildenden Eisenoxyduls insbesondere Borax verwendet, welcher die Bildung einer dünnflüssigen Schlacke schon bei der niedrigen Schweißtemperatur des Stahles ermöglicht und daher die Berührung der reinen Metallflächen erleichtert. Borax wird in Form von Boraxglas verwendet. Käuflicher Borax wird erhitzt und das Kristallwasser unter Aufblähen der Masse und beim hierauf folgenden Schmelzen verdampft. Man bekommt ein vollkommen durchsichtiges Glas; dieses Glas wird gepulvert und für sich allein oder mit verschiedenen Zusätzen als Schweißpulver verwendet. Wenn man zu einem Schweißpulver organische Substanzen zusetzt, so hat das meist den Zweck, Kohlenstoff zuzuführen, oder auch die Einwirkung der atmosphärischen Luft auf die zu schweißenden Stücke tunlichst zu hindern. Zu letzterem Zwecke wird auch Salmiak in Anwendung gebracht, ein Salz, das in der Hitze vollständig verdampft. Diese Verdampfung schützt die Oberfläche vor der Oxydation.

Die Schweißtemperatur des Stahles ist helle Rotglühhitze, die des weichen Eisens ist die Weißglühhitze, und man spricht von einer saftigen Schweißhitze, worunter man jene Weißglühhitze versteht, bei welcher weiches Eisen unter Entwicklung helleuchtender Funken zu verbrennen beginnt.

Rezepte von Schweiß-, Härtungs- und Stahlregenerierungsmitteln.

1. Schweißpulver für Stahl auf Eisen: 1 Teil Borax, 1 Teil Chlorammonium, 1 Teil weißes Pech. — Verwendung: Der rotglühende Stahl wird mit diesem Pulver bestreut und erkalten gelassen. Das Stabeisen wird weißglühend gemacht, vom Zunder gereinigt und der vorstehend behandelte Stahl kalt aufgesetzt, an der Vereinigungsstelle noch Schweißpulver aufgetragen, die vereinigten Stücke schweißwarm gemacht, und hierauf mit leichten Hammerschlägen verschweißt.

Überhitzter (verbrannter) Stahl kann durch dieses Pulver verbessert werden, indem er rotwarm damit überstreut wird und nach neuerlichem Rotwarmmachen gehärtet wird.

2. Stahlschweißpulver: 25% Eisenoxyd, 15% Chlorammonium, 50% Kiesel-

säure, 10% kohlensaurer Kalk. — Der Stahl wird rotwarm im Pulver gewälzt, dies zwei- bis dreimal wiederholt und bei der letzten Hitze verschweißt.

3. Stahlhärtepulver (Regenerierungspulver): 40% Kalisalpeter, 58% Klauenpulver, 2% Kieselsäure. — Der glühende Stahl wird allseits bestreut, nochmals ins Feuer gebracht und hierauf gehärtet.

4. Einsatzpulver (zum Härten der Oberfläche weichen Eisens): 15% Chlornatrium, 25% Braunstein, 10% kohlensaures Natron, 50% Klauenpulver.

Das Eisen wird schwach rotwarm mit dem Pulver überstreut, wieder im Feuer erhitzt, heller rot, abermals überstreut und abkühlen gelassen, hierauf nochmals hellrot gemacht, überstreut und gehärtet.

5. Härtemasse (auch zum Regenerieren verbrannten Stahles):

50% Fischtran, 40% Kolophonium, 10% Terpentinharz } in dieses zähflüssige Gemenge wird der glühende Stahl getaucht und darin bis zum Schwarzwerden belassen, hierauf nochmals glühend gemacht und in einem Härtewasser gehärtet, welches aus abgekochtem Brunnenwasser und einem Zusatze von 2·5% einer Mischung von 40% Kalisalpeter und 60% Chlorammonium besteht.

Um verbrannten Stahl zu regenerieren, macht man ihn dunkel rotwarm und taucht ihn in obige Masse und wiederhohlt dies noch zweimal.

6. Stahlhärtepulver (auch Einsetzpulver): 5% Natronsalpeter, 15% Chlorammonium, 25% gelbes Blutlaugensalz, 55% Klauenpulver.

Der glühende Stahl wird mit diesem Pulver bestreut, und nachdem das Pulver braun geworden und abgestrichen ist, nochmals bestreut. Der Stahl wird hierauf nochmals rotwarm gemacht und in einem Härtewasser gehärtet, welchem 5% Schwefelsäure und 20% eines Pulvers zugesetzt sind, welches aus 40% Kalisalpeter und 60% Chlorammonium besteht.

Um weiches Eisen oberflächlich zu verstählen, wird dasselbe mehrmals glühend gemacht und mit obigem Härtepulver bestreut.

Ein vorzügliches amerikanisches Härtepulver, „Eureka", ist von der Präzisions-Maschinenfabrik Flesch & Stein, Frankfurt a. M.-Sachsenhausen, eingeführt worden. Der mittelrot warm gemachte Stahl wird in dieses Pulver getaucht, nochmals erhitzt und in das Pulver getaucht und nach der dritten Erhitzung im Wasser abgekühlt.

Als wichtigste Quelle und erste Fachzeitschrift ist zu nennen „Stahl und Eisen"; viel Einschlägiges findet sich ferner in den Zeitschriften für Berg- und Hüttenwesen, in der Zeitschrift „Iron", der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, in Dinglers polytechnischem Journale u. a. a. O.

Andere wichtige Rohmaterialien des Maschinenbaues.

Dem Eisen kommt kein anderes Material an technischer Wichtigkeit gleich, es darf daher auch die Behandlungsweise betreffs der im folgenden zu besprechenden Rohmaterialien eine wesentlich kürzere sein und kann insbesondere von der Gewinnung abgesehen werden, obwohl die Art derselben naturgemäß wie beim Eisen von Einfluß auf die Qualität sein muß.

Das Kupfer.

Das Kupfer ist ein Metall, welches bei 1077° C schmilzt und die Eigenschaft der Treibbarkeit in ausgezeichnetem Maße besitzt, d. h. es

läßt sich vorzüglich mit dem Hammer strecken und aus der Plattenform in Hohlformen überführen.

Im Kupfer kommen als Verunreinigungen vor: Kohlenstoff, Kupferoxydul, Schwefel, Arsen, Antimon, Eisen u. a. m., und diese Verunreinigungen beeinflussen die Qualität wesentlich.

Reines Kupfer ist im frischen Bruch licht rosenrot; Kohlenstoff zieht die Farbe des Bruches ins Gelbliche, Kupferoxydul ins Ziegelrote. Ist sowohl Kohlenstoff als Kupferoxydul enthalten, dann gleicht das Bruchansehen jenem reinen Kupfers. Die einfachste Probe auf die Qualität des Kupfers ist die Schlagprobe, durch welche ein Stückchen Kupfer (in Form eines Würfels oder eines Zylinders) mittels eines kräftigen Schlages auf $^3/_5$ bis $^1/_2$ der Höhe gebracht wird. Ist das Kupfer sehr zäh, so findet die Formveränderung ohne dem Auftreten von Rissen statt, während bei sprödem (unreinem) Kupfer sich stets Risse zeigen, ein Zeichen geringer Treibbarkeit. Trotz des nicht sehr hohen Schmelzpunktes läßt sich das Kupfer zu Gußzwecken nur schlecht verwenden, weil die Güsse blasig werden. Will man es gießen, so setzt man etwas Zinn oder Phosphorkupfer zu. Das spezifische Gewicht des Kupfers schwankt zwischen 8·58 und 8·96. Das Kupfer wird behufs weiterer technischer Verarbeitung zumeist in die Form von Blech gebracht und als solches zu Dachdeckungen und zur Herstellung von Hohlgefäßen mannigfachster Form (Braupfannen, Spiritusapparaten u. dgl.) verwendet. Das Kupfer oxydiert zwar leicht an der Oberfläche, aber die Oxydation dringt nicht in die Tiefe, so daß es oft wiederholte Erhitzung ebenso gut als dauernde Einwirkung der Atmosphärilien verträgt. Ist Eisen der Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt, so rostet es bald durch und durch; Kupfer hingegen überzieht sich nur oberflächlich mit einer Oxydul- oder Oxydschicht, erstere ist ziegelrot, letztere schwarz.

Die ausgezeichnete Wärmeleitungsfähigkeit (gleich der des Silbers) erhöht den Gebrauchswert.

Das Zink.

Zink wird gleichfalls häufig in technische Verwendung gezogen. Sein spezifisches Gewicht beträgt 6·9 bis 7·3. Es schmilzt bei 411° C und verdampft bei 890° C. (Bei seiner Gewinnung reinigt man es durch Destillieren.) Da der Schmelzpunkt unter der Glühhitze liegt, so braucht der Schmelztiegel nicht zu glühen; ist dies der Fall, so ist das Zink hoch überhitzt und hierbei tritt Verdampfung des Zinks ein. Der Zinkdampf oxydiert an der Luft und bildet weiße Flocken, die sogenannte philosophische Wolle (Zinkweiß). Auch andere Metalle, z. B. Silber, verdampfen, jedoch erst bei Temperaturen, welche technische Nutzanwendung ausschließen. Das Zink ist bei gewöhnlicher Temperatur spröde, der Farbe nach grauweiß, ins Bläuliche ziehend und erscheint im Bruch stengelig und grobblätterig. Es läßt sich kalt weder hämmern noch walzen, wird aber bei 150° bis 180° walzbar und hämmerbar; man erzeugt in bedeutenden Mengen Zinkblech und Zink-

draht. Zink läßt sich sehr leicht gießen, weil es bei niedriger Temperatur schmilzt und die Formen vorzüglich ausfüllt. Im Momente des Erstarrens hat das Zink die Eigenschaft des Quellens und liefert schöne Güsse. Der Zinkguß hat weit geringere Festigkeit als der Eisenguß, kann aber leichter dünnwandig hergestellt werden und eignet sich besonders zu ornamentalen Verzierungen an Gebäuden u. dgl. Als Blech wird das Zink seiner Billigkeit wegen oft zu Bedachungen verwendet, doch ist es weit weniger haltbar als Kupferblech (kaum 20 Jahre gegen 200 Jahre und mehr). Das Zinkblech muß bei der Anwendung als Bedachungsmaterial mit verzinkten Nägeln befestigt werden.

Das Zinn.

Das Zinn (Sn) ist ein weißes, ins Gelbliche ziehendes Metall, das bei 239° C schmilzt; sein spezifisches Gewicht ist zirka 7·3. Es läßt sich gut gießen und kalt walzen. Dünnes Zinnblech heißt Stanniol.

Im Mittelalter erzeugte man viele Geschirre (Teller usw.) aus Zinn, jetzt wird dieses Metall zu manchen chirurgischen Instrumenten und insbesondere zum Verzinnen gebraucht.

Das Blei.

Das Blei (Pb) ist ein graues Metall (bleigrau) von spezifischem Gewichte 11·3, schmilzt bei 330° C, läßt sich leicht gießen und zu Blech walzen. Es wird von manchen Säuren nicht angegriffen und dient in chemischen Fabriken als Pfannenmaterial zum Abdampfen und Konzentrieren gewisser Säuren. Das Blei ist oft durch Antimon verunreinigt, wodurch es spröde wird und nicht mehr gut gewalzt und zu Draht gezogen werden kann. Reines Blei läßt sich mit dem Hammer aus kugelförmiger oder zylindrischer Form zu einer Scheibe ausschlagen, ohne daß Risse auftreten.

Antimon.

Antimon (Sb) ist ein weißes Metall, mit einem Stiche ins Bräunliche, der Bruch ist kristallinisch, blätterig-strahlig, die Oberseite der erstarrten Metallklötze, in Form meist runder Kuchen (Kugelsegmente), weist tannenbaumähnliche, sich mannigfach kreuzende Kristallfiguren auf.

Das spezifische Gewicht des Antimons beträgt 6·7, sein Schmelzpunkt liegt bei 425° C. Das sehr spröde Metall wird für sich allein nicht technisch verwertet, hingegen sehr häufig zu Legierungen.

Wismut.

Das Wismut (Bi) ist ein rötlich weißes, sprödes Metall von blätterigem Bruche, sein spezifisches Gewicht beträgt 9:8 und es schmilzt bei 270° C. Es wird insbesondere zur Darstellung sehr leicht schmelzbarer Legierungen verwendet.

Aluminium.

Das Aluminium (Al) hat in neuerer Zeit auch im Maschinenbau sehr an Bedeutung gewonnen, weil die Fortschritte in seiner Gewinnung und die

hierdurch bedingte Ermäßigung des Preises die Anwendung dieses spezifisch leichten Metalles auch für massigere Stücke ökonomisch möglich machten. Die Farbe des Aluminiums ist weiß, mit einem Stich ins bläulich Graue; der Bruch ist körnig, das spezifische Gewicht liegt bei 2·6, sein Schmelzpunkt bei 700° C.

Aluminium ist in gewöhnlicher Temperatur, insbesondere aber auf 300 bis 450° C erwärmt, hämmerbar, walzbar und ziehbar. Es läßt sich gut gießen, doch zieht es sich beim Erstarren bedeutend zusammen (schwindet bedeutend).

Um die Erzeugung und Verarbeitung des Aluminiums hat sich die Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft in Neuhausen bei Schaffhausen in der Schweiz große Verdienste erworben und in ausführlichen Anleitungen viel zur Entwicklung der Aluminiumverarbeitung beigetragen. Die Erzeugung des Aluminiums findet durch reduzierendes Schmelzen mittels kräftiger Ströme (3000 Ampère, 65 Volt) statt.

Mit dem Grabstichel und der Feile läßt sich Aluminium nur bearbeiten, wenn man es mit einer Lösung von Stearinsäure in Terpentinöl befeuchtet.

Nickel.

Das Nickel (Ni) ist ein weißes Metall mit einem Stiche in Gelbliche oder Graue, von 8·3 bis 8·9 spezifischem Gewichte: es schmilzt bei 1600° C, läßt sich gießen, walzen, ziehen und wird in nicht unbedeutenden Mengen zum Vernickeln von Eisen und Stahl und zu Legierungen, von welchen das *Argentan* und der *Nickelstahl*[1]) hervorzuheben sind, verwendet.

Silber, Platin, Gold.

Diese Metalle werden wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkungen der Atmosphäre gewöhnlich als *edle Metalle* bezeichnet, obwohl das Silber sich auch ziemlich leicht mit einer dünnen schwarzen Schicht von Silberoxyd oder von Schwefelsilber überzieht. Alle drei Metalle sind *gießbar* und *treibbar*, kommen aber hier, wo es sich zumeist um die Materialien des Maschinenbaues handelt, nicht weiter in Betracht und seien nur einige Zahlen beigefügt.[2])

	Schmelzpunkt	Spezifisches Gewicht
Silber	954° C	10·6
Platin	1720° C	21·4
Gold	1035° C	19·5

[1]) Nickelstahlpanzerplatten verfertigt das große Eisenwerk in Witkowitz; Nickelstahlschutzbleche die Gußstahlfabrik Isidor Braun's Söhne, Schloß Schöndorf bei Vöklabruck.

[2]) Über die verschiedenen Metalle kann in *Karmarsch-Heerens technischem Wörterbuche*, III. Auflage, nachgelesen werden, woselbst sich weitere Literatur-

Legierungen.

Legierungen[1]) sind durchaus nicht immer als bloße Metallgemische aufzufassen, sondern es sind dieselben zum Teile feste Lösungen. Man kann daher aus den Eigenschaften der Metalle keinen sicheren Schluß auf die Eigenschaften der Legierung ziehen. Wenn man dieselben Metalle in verschiedenen Mischungsverhältnissen zusammenschmilzt, so bilden die erzeugten Legierungen keine Reihe entsprechend den Mengen und Eigenschaften der Teile, häufig zeigen sowohl die Farbe als andere physikalische Eigenschaften sprungweise Änderungen. Auch das spezifische Gewicht einer Legierung läßt sich nicht aus dem der Bestandteile rechnen. Die Festigkeitseigenschaften der Legierung sind wesentlich andere als die der Bestandteile. — Man findet in der Literatur auch oft ein und dieselbe Legierung für heterogene Zwecke, nicht selten auch mit verschiedenen Zahlen angegeben, so z. B. 8 Cu 4 Sn oder 16 Cu 8 Sn, was die Übersicht erschwert. Da die käuflichen Metalle nie ganz rein sind, so ist es auch schwer, bestimmte Legierungen herzustellen. Gleiche Mengenverhältnisse derselben Metalle in verschiedener Weise zusammengeschmolzen, können verschiedene Legierungen liefern, weil von der Art der Behandlung die Menge des Abbrandes (Verlustes) des einen oder andern Metalles abhängt. Auch die Oxydation, welche insbesondere beim Überhitzen teilweise eintritt, ist von Einfluß auf das Ergebnis. Wird z. B. Bronze (eine Legierung aus Kupfer und Zinn) überhitzt, so oxydiert ein Teil des Kupfers und des Zinnes und betragen die Oxyde auch weniger wie 1%, so hat die Bronze doch wesentlich andere Eigenschaften als wenn sie oxydfrei ist.

Nur bei wenigen Bezugsquellen bekommt man genaue Angaben über den Grad der Reinheit der Metalle. Käufliches Kupfer, Blei oder Wismut kann z. B. bei der einen Quelle nur 1% Verunreinigungen enthalten, bei anderen 5%; die Verunreinigungen können sehr verschiedene sein und sehr verschiedenen Einfluß ausüben und es ist begreiflich, daß die käuflichen Metalle in bestimmter Weise legiert, doch ganz abweichende Ergebnisse liefern können.

Daß die Eigenschaften der Legierungen nicht aus den Eigenschaften ihrer Gemengteile erkannt werden können, ersieht man aus folgenden Beispielen:

---

angaben finden. Über Gold und Silber und die Verarbeitung dieser Metalle siehe: „Die Kunst des Goldarbeiters, Silberarbeiters und Juweliers“ von Rud. Freih. v. Kulmer, Weimar 1872. Über „das Kupfer und seine Legierungen“ ist eine Spezialschrift von Bischof, Berlin 1865, erschienen.

[1]) Als Spezialschriften über Legierungen seien hervorgehoben: A. Ledebur: Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke, III. Auflage, Berlin 1906. Prof. Dr. E. F. Dürre: Die Metalle und ihre Legierungen im Dienste der Heere und Kriegsflotten, Hannover 1894. Etude industrielle des alliage métalliques par Leon Guillet. Paris (VIe), H. Duned et É. Pinat 1906, und Mixed Metals or metallic alloys by Arth. H. Hiorns, London, Macmillan & Co., 1901.

Kupfer	Zink		
88—81%	12—19%	blaßrötlich, gelb, gut walzbar, **Tombak**,	
70—66%	30—34%	walzbar, gelb (messinggelb), **Messing**,	
65—60%	35—40%	gelb, gut bearbeitbar im glühenden Zustande, **schmiedbares Messing**,	
59%	41%	rötlich weiß	diese Legierungen werden mit zunehmendem Zinkgehalte spröder.
52%	48%	goldgelb	
47%	53%	blaßgelb	
44%	56%	gelblich weiß	
36%	64%	bläulich weiß	
25—10%	75—90%	bleigrau, etwas dehnbar.	

Kupfer	Zinn		
98%	2%	rosa	hämmerbar, walzbar,
93%	7%	gelbrot	
90%	10%	rötlich gelb, schwerer walzbar, **Kanonenbronze**,	
88%	12%	gelb, **Lagermetall**,	
84%	16%	rotgelb, spröde, noch feilbar, für **harte Lager**,	
80%	20%	gelbrot, **Glockenmetall**,	
68%	32%	grau, spröde, nicht feilbar, **Spiegelmetall**,	
50%	50%	grauweiß	etwas spröde.
35%	65%	weißlich	

Unter **Messing** werden im allgemeinen vielerlei Legierungen von 76 bis 60% Kupfer und 24 bis 40% Zink verstanden. Zuweilen ist $^1/_5$ bis 3% Blei und $^1/_6$ bis $1^1/_2$% Zinn zugesetzt; ersteres um das Messing besser drehbar zu machen, letzteres um die Festigkeit zu erhöhen.

Hierher gehören auch das

Muntzmetall, 60 Cu, 40 Zn oder 56 Cu, 41 Zn, 3 Pb;
Aichmetall (Sterrometall), 60 Cu, 38·2 Zn, 1·8 Fe;
Yellowmetall, angeblich auch 60 Cu, 40 Zn;
Chrysorin, 66·6 Cu, 33·4 Zn.

Mit der Benennung **Tombak** oder **Rotguß** werden kupferreichere Legierungen als die Messingsorten zusammengefaßt; der Kupfergehalt wechselt von 78 bis 92%. Eine öfter angewendete Mischung besteht aus 78 Cu, 18 Zn, 2 Pb und 2 Sn.

Bronze[1]) nennt man die Legierungen aus 95 bis 80% **Kupfer** und 5 bis 20% **Zinn** und man spricht von 6%iger, 8-, 10-, 12%iger Bronze, wenn 6, 8, 10, 12% Zinn enthalten sind. 6- bis 12%ige Bronze ist hämmerbar und drehbar, die 18%ige ist nur noch schwer bearbeitbar. Bronze wird für sehr viele Zwecke des Maschinenbaues verwendet, ferner für Glocken, Kanonen, Statuen usw. Die reinen Kupfer-Zinnlegierungen weisen einen

[1]) Siehe Näheres **Karmarsch-Heeren**, Technisches Wörterbuch, III. Aufl., Bd. 2, S. 61—63. Ferner **Karmarsch**, Handbuch der mechanischen Technologie, Bd. 1.

größeren Grad der Festigkeit auf als Bronze, welche mit Rücksicht auf die Billigkeit und bessere Gießbarkeit einen Zusatz von Zink oder Blei erhielten. Bei harten Bronzen z. B. (82 Cu, 18 Sn) wird die Bearbeitung auf der Drehbank u. dgl. dadurch wesentlich erleichtert, daß man das Stück glühend macht und es in Wasser rasch abkühlt. Bei der Herstellung der Bronze ist Oxydation von entschiedenem Nachteil für die Qualität der Legierung. Je oxydhaltiger die Bronze ist, desto mehr wird die Festigkeit des Materials beeinträchtigt; man vermeidet daher beim Schmelzen allzu große Überhitzung und die Verwendung alter Bronze. Wenn man alte Bronze einschmelzen will, rät Künzel[1]) als Mittel für die Reduktion die Zufügung von Phosphorbronze oder Phosphorkupfer. Das Metallbad wird hierdurch besser flüssig, das matte Aussehen der geschmolzenen oxydhaltigen Bronze verschwindet und man bekommt einen reinen Spiegel an der Oberfläche.

Phosphorbronze wurde vor einigen Jahren zur Herstellung von Lagerschalen häufig angewendet, doch ist man zumeist wieder davon abgegangen, wohl deshalb, weil an vielen Orten die Herstellungsweise nicht die richtige war. (Gute Phosphorbronze liefert G. Höper & Komp. in Iserlohn.) Man soll den Phosphor nicht unmittelbar in die Legierung bringen, sondern durch Zusatz von Phosphorkupfer oder Phosphorzinn.[2])

Es ist bemerkenswert, daß Phosphorkupfer mit weniger als 2 $^0/_0$ P sehr schöne, dichte Güsse liefert.

Bronze hat die Eigenschaft zu saigern, d. h. zinnreiche Legierungen abzuscheiden. Läßt man 10 $^0/_0$ige Bronze langsam erstarren, so zeigt der Bruch in einer gelblichen Masse weiße Pünktchen, welche von der Abscheidung einer zinnreicheren Legierung (mit zirka 15 $^0/_0$ Sn) herrühren. Das Saigern kann durch rasche Abkühlung verhindert werden. Gießt man geschmolzene Bronze in Wasser oder in eine eiserne Form genügender Wandstärke, dann erhält man eine gleichmäßig erstarrte Masse ohne Ausscheidung zinnreicherer Teile.

Man pflegt im Flammofen geschmolzene Bronze mit Holzstangen zu rühren. Dieses Rühren wird Pohlen genannt und hat den Zweck, das Metallbad zu reduzieren. Doch ist durch Analyse nachgewiesen, daß das Pohlen nur das Kupferoxydul, nicht das Zinnoxyd reduziert. Eine vollkommene Reduktion erreicht man durch Zusätze von Phosphorbronze oder Phosphorkupfer.

---

[1]) Künzel, Über Bronzelegierungen und ihre Verwendungen, Dresden 1875. (Diese Schrift ist sehr beachtenswert, insbesondere für die Geschützgießer.)

[2]) Um Phosphorzinn zu erzeugen, bereitet man sich aus einer Lösung von Chlorzinn durch Fällung mittels Zink sogenannten Zinnschwamm. Dieser wird in einem Tiegel in der Weise mit Phosphor eingeschmolzen, daß man in den unteren Teil des Tiegels den Phosphor gibt (6 bis 7 P auf 94 Sn), darauf die poröse Masse im Feuer erhitzt. Das Zinn schmilzt, der Phosphor verdampft und man sieht im Tiegel die bläulichen, vom Phosphor herrührenden Flämmchen. Verschwinden dieselben, so ist der Prozeß beendet. Das Phosphorzinn ist sehr zur Kristallisation geneigt.

Die Zusammensetzung der Bronze kann eine sehr verschiedene sein und wechselt innerhalb weiter Grenzen:

Cu von 67% bis 95%,
Sn von 4% bis 18%,
Zn von 0% bis 21%,
Pb von 0% bis 18%.

Die österreichischen Staatsbahnen verwenden als *Lagerbronze* 87 Cu, 13 Sn; als Rotmetall für Armaturen 88 Cu, 12 Sn, 0·05 Phosphorkupfer; als Metall für Lokomotivachslager 82 Cu, 18 Sn, 0·05 Phosphorkupfer.

In neuerer Zeit werden von den Skodawerken in Pilsen die sogenannten *Rübelbronze* hergestellt, beziehungsweise in den österreichischen Handel gebracht. Sie zeichnen sich durch günstige Festigkeitseigenschaften, auch bei höheren Temperaturen, aus. Die Zusammensetzung ist nicht angegeben.

Aluminiumbronze nennt man Legierungen aus 5 bis 8 Al und 95 bis 92 Cu von schön goldgelber Farbe und großer Festigkeit.

Stahlbronze, von General Uchatius so genannt, ist keine Mengung einer gewöhnlichen Bronze mit Eisen und Stahl, sondern 8- bis 10%ige Bronze, welche sowohl durch das Gußverfahren, als auch nachher durch eine mechanische Bearbeitung gewisse, dem Stahle nahestehende Festigkeitseigenschaften erlangt hat, die den Namen rechtfertigen. Unter derselben Benennung steht auch eine Legierung von 66 Kupfer, 30 Eisen und 4 Zink für Obstmesser u. dgl. in Gebrauch; dieselbe ist schwierig herstellbar.

Unter *Patina* versteht man den grünen Überzug, welchen viele Bronzestatuen im Laufe der Jahre aufweisen; derselbe ist kohlensaures Kupferoxydul, liegt insbesondere in den Vertiefungen der Figur und hebt den Eindruck einer Büste wesentlich.[1])

Eine andere Legierung vorherrschend aus Cu und Zn ist das sogenannte *Deltametall*, das im Maschinenbau häufig zur Anwendung kommt. Es besteht nach Analysen aus:

Gehalt		
54 —56 % Cu 40 —42 % Zn	ist dem schmiedbaren Messing ähnlich	Dieses Metall hat eine hohe Festigkeit, sehr gute Dehnbarkeit, ist also der weichen Bronze in seiner Güte nahe und viel billiger.
0·7 — 1·8 % Pb		
0·8 — 1·3 % Fe 0·9 — 1·4 % Mn 0·01— 0·02% P	können als Ferromangan zusammen gefaßt werden	

[1]) An Stelle einer grünen Patina entsteht oft eine schwarze, unscheinbare. Man hat die Ursache anfänglich in Geheimnissen des Metallgemisches gesucht. Die Lösung dieses Rätsels war aber sehr einfach. Befindet sich die Bronze in einer Atmosphäre, welche (wie die Luft großer Städte) Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure und ähnliche Beimengungen enthält, so bildet sich ein schwarzer Überzug von Schwefelkupfer. In reiner Luft (dem Wasser und der Kohlensäure) ausgesetzt, bildet sich die grüne Patina. Die Metallgemische sind nebensächlich. Es wäre angezeigt, Statuen künstlich mit grüner oder brauner Patina zu versehen.

größeren Grad der Festigkeit auf als Bronze, welche mit Rücksicht auf die Billigkeit und bessere Gießbarkeit einen Zusatz von Zink oder Blei erhielten. Bei harten Bronzen z. B. (82 Cu, 18 Sn) wird die Bearbeitung auf der Drehbank u. dgl. dadurch wesentlich erleichtert, daß man das Stück glühend macht und es in Wasser rasch abkühlt. Bei der Herstellung der Bronze ist Oxydation von entschiedenem Nachteil für die Qualität der Legierung. Je oxydhaltiger die Bronze ist, desto mehr wird die Festigkeit des Materials beeinträchtigt; man vermeidet daher beim Schmelzen allzu große Überhitzung und die Verwendung alter Bronze. Wenn man alte Bronze einschmelzen will, rät Künzel[1]) als Mittel für die Reduktion die Zufügung von Phosphorbronze oder Phosphorkupfer. Das Metallbad wird hierdurch besser flüssig, das matte Aussehen der geschmolzenen oxydhaltigen Bronze verschwindet und man bekommt einen reinen Spiegel an der Oberfläche.

Phosphorbronze wurde vor einigen Jahren zur Herstellung von Lagerschalen häufig angewendet, doch ist man zumeist wieder davon abgegangen, wohl deshalb, weil an vielen Orten die Herstellungsweise nicht die richtige war. (Gute Phosphorbronze liefert G. Höper & Komp. in Iserlohn.) Man soll den Phosphor nicht unmittelbar in die Legierung bringen, sondern durch Zusatz von Phosphorkupfer oder Phosphorzinn.[2])

Es ist bemerkenswert, daß Phosphorkupfer mit weniger als 2% P sehr schöne, dichte Güsse liefert.

Bronze hat die Eigenschaft zu saigern, d. h. zinnreiche Legierungen abzuscheiden. Läßt man 10%ige Bronze langsam erstarren, so zeigt der Bruch in einer gelblichen Masse weiße Pünktchen, welche von der Abscheidung einer zinnreicheren Legierung (mit zirka 15% Sn) herrühren. Das Saigern kann durch rasche Abkühlung verhindert werden. Gießt man geschmolzene Bronze in Wasser oder in eine eiserne Form genügender Wandstärke, dann erhält man eine gleichmäßig erstarrte Masse ohne Ausscheidung zinnreicherer Teile.

Man pflegt im Flammofen geschmolzene Bronze mit Holzstangen zu rühren. Dieses Rühren wird Pohlen genannt und hat den Zweck, das Metallbad zu reduzieren. Doch ist durch Analyse nachgewiesen, daß das Pohlen nur das Kupferoxydul, nicht das Zinnoxyd reduziert. Eine vollkommene Reduktion erreicht man durch Zusätze von Phosphorbronze oder Phosphorkupfer.

---

[1]) Künzel, Über Bronzelegierungen und ihre Verwendungen, Dresden 1875. (Diese Schrift ist sehr beachtenswert, insbesondere für die Geschützgießer.)

[2]) Um Phosphorzinn zu erzeugen, bereitet man sich aus einer Lösung von Chlorzinn durch Fällung mittels Zink sogenannten Zinnschwamm. Dieser wird in einem Tiegel in der Weise mit Phosphor eingeschmolzen, daß man in den unteren Teil des Tiegels den Phosphor gibt (6 bis 7 P auf 94 Sn), darauf die poröse Masse im Feuer erhitzt. Das Zinn schmilzt, der Phosphor verdampft und man sieht im Tiegel die bläulichen, vom Phosphor herrührenden Flämmchen. Verschwinden dieselben, so ist der Prozeß beendet. Das Phosphorzinn ist sehr zur Kristallisation geneigt.

Die Zusammensetzung der Bronze kann eine sehr verschiedene sein und wechselt innerhalb weiter Grenzen:

Cu von 67% bis 95%,
Sn von 4% bis 18%,
Zn von 0% bis 21%,
Pb von 0% bis 18%.

Die österreichischen Staatsbahnen verwenden als *Lagerbronze* 87 Cu, 13 Sn; als Rotmetall für Armaturen 88 Cu, 12 Sn, 0·05 Phosphorkupfer; als Metall für Lokomotivachslager 82 Cu, 18 Sn, 0·05 Phosphorkupfer.

In neuerer Zeit werden von den Skodawerken in Pilsen die sogenannten *Rübelbronze* hergestellt, beziehungsweise in den österreichischen Handel gebracht. Sie zeichnen sich durch günstige Festigkeitseigenschaften, auch bei höheren Temperaturen, aus. Die Zusammensetzung ist nicht angegeben.

Aluminiumbronze nennt man Legierungen aus 5 bis 8 Al und 95 bis 92 Cu von schön goldgelber Farbe und großer Festigkeit.

Stahlbronze, von General Uchatius so genannt, ist keine Mengung einer gewöhnlichen Bronze mit Eisen und Stahl, sondern 8- bis 10%ige Bronze, welche sowohl durch das Gußverfahren, als auch nachher durch eine mechanische Bearbeitung gewisse, dem Stahle nahestehende Festigkeitseigenschaften erlangt hat, die den Namen rechtfertigen. Unter derselben Benennung steht auch eine Legierung von 66 Kupfer, 30 Eisen und 4 Zink für Obstmesser u. dgl. in Gebrauch; dieselbe ist schwierig herstellbar.

Unter *Patina* versteht man den grünen Überzug, welchen viele Bronzestatuen im Laufe der Jahre aufweisen; derselbe ist kohlensaures Kupferoxydul, liegt insbesondere in den Vertiefungen der Figur und hebt den Eindruck einer Büste wesentlich.[1])

Eine andere Legierung vorherrschend aus Cu und Zn ist das sogenannte *Deltametall*, das im Maschinenbau häufig zur Anwendung kommt. Es besteht nach Analysen aus:

54 —56 % Cu	ist dem schmiedbaren Messing ähnlich	Dieses Metall hat eine hohe Festigkeit, sehr gute Dehnbarkeit, ist also der weichen Bronze in seiner Güte nahe und viel billiger.
40 —42 % Zn		
0·7 — 1·8 % Pb		
0·8 — 1·3 % Fe	können als Ferromangan zusammen gefaßt werden	
0·9 — 1·4 % Mn		
0·01— 0·02% P		

[1]) An Stelle einer grünen Patina entsteht oft eine schwarze, unscheinbare. Man hat die Ursache anfänglich in Geheimnissen des Metallgemisches gesucht. Die Lösung dieses Rätsels war aber sehr einfach. Befindet sich die Bronze in einer Atmosphäre, welche (wie die Luft großer Städte) Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure und ähnliche Beimengungen enthält, so bildet sich ein schwarzer Überzug von Schwefelkupfer. In reiner Luft (dem Wasser und der Kohlensäure) ausgesetzt, bildet sich die grüne Patina. Die Metallgemische sind nebensächlich. Es wäre angezeigt, Statuen künstlich mit grüner oder brauner Patina zu versehen.

Eine Legierung, die ebenfalls als Kupferlegierung aufzufassen ist, ist das Argentan (Packfong, Alphenid, Lunaid oder Alpaka). Das Argentan ist ein Gemenge von Cu, Ni und Zn, und zwar besteht es aus:

55—60 Cu, 18—25 Ni, 20—30 Zn: Je reicher an Nickel die Legierung ist, um so weißer und schöner, aber auch härter und schwerer bearbeitbar ist das Metall.

Will man Argentan gut bearbeitbar machen, dann muß man reines, zähes Kupfer und reines Nickel verwenden. Argentan wird zu Löffeln und verschiedenen Luxusgegenständen verarbeitet. Versilbertes Argentan führt die Benennung „Chinasilber".

Eine Legierung für Lagerschalen, bestehend aus 76 Zn, 18 Sn, 6 Cu oder 17 Zn, 2 Sb, 1 Cu wird als Antifriktionsmetall bezeichnet.

Als Weißmetalle werden verschiedene Legierungen bezeichnet, welche großenteils zum Ausgießen von Lagern Verwendung finden, so z. B.:

9·8 Cu, 78·4 Sn, 11·8 Sb
11 Cu, 74 Sn, 15 Sb
6 Cu, 83 Sn, 11 Sb
(sehr gut, aber teuer),

ferner Legierungen mit Blei, z. B. 21 Sn, 21 Pb, 8 Sb oder 82·6 Pb, 9·6 Sb, 7·8 Sn („Magnolia").

Das Britanniametall ist eine statt reinen Zinns für Zinngießerwaren gebrauchte Legierung von 10 Sn und 1 Sb, oft auch mit einem sehr kleinen Zusatz von Kupfer und Nickel. Diese Legierung ist härter als Zinn und nimmt schöne Politur an.

Das Schriftgießermetall ist eine Legierung aus: 60 Pb, 20 Sn, 20 Sb. Manchmal macht man das Letternmetall auch nur aus Pb und Sb, und zwar aus: 80 Pb, 20 Sb; doch ist dieses weit weniger widerstandsfähig gegen Oxydation.

Als besonders leichtflüssige Legierungen seien nachstehende Wismutlegierungen erwähnt:

3 Sn, 5 Pb, 8 Bi schmilzt bei 95° C,
1 Sn, 1 Pb, 2 Bi „ „ 94° C,
2 Sn, 3 Pb, 5 Bi „ „ 91° C.

Diese Legierungen sind teuer, ihre Verwendung beschränkt.

Aluminium, mit 3 bis 10% Magnesium legiert, liefert das sogenannte Magnalium, eine schön weiße Legierung, welche mit größerem Mg-Gehalte sogar noch etwas leichter als Aluminium ist, bei doppelter bis 2½facher Festigkeit. Diese von Dr. Ludwig Mach erfundene Legierung wird zu optischen Instrumenten u. dgl. häufig angewendet. (Verhandlungen des Vereines für Gewerbefleiß in Preußen 1900, S. 93, 1901, S. 277.)

Wenn man die Metalle in Hinsicht auf ihre Reißlänge (jene Länge, bei welcher durch das Eigengewicht des Stabes bereits das Reißen erfolgen würde) vergleicht, so ergibt sich folgendes:

Die Reißlänge beträgt:

bei reinem Al	10.000 *m*	bei gewöhnlicher Bronze . .	3.300 *m*
bei Al-Bronze	8.600 *m*	bei Kupfer	2.700 *m*
bei Gußstahl	7.200 *m*	bei Zink	2.600 *m*
bei Schmiedeeisen	4.500 *m*		

Für die praktische Verwendung der Metalle ist der Preis so maßgebend, daß über denselben nicht hinweggegangen werden kann, wenn auch die Preise an sich und ihr Verhältnis zueinander sehr wechseln. Zu einiger Orientierung mögen nachstehende Zahlen vom Jahre 1890 dienen.

Preise (in fl. Gold à 2 Mark) pro 1 *kg*:

Au	1360·— fl. Gold	Sn	1·04 fl. Gold
Pt	544·— „ „	Cu	0·56 „ „
Ag	67·— „ „	Zn	0·25 „ „
Al	10·— „ „	Pb	0·16 „ „
Mn	2·58 „ „	Tiegelflußstahl . .	0·14 „ „
Ni	2·40 „ „	Schmiedeeisen . . .	0·09 „ „

Al kostet jetzt (1907) 2·5, Cu 1·2, Pt 2600 fl. Gold.

Das Holz.

Kommt auch das Holz lange nicht mehr in dem Maße im Maschinenbau in Verwendung als einst, so ist seine Bedeutung doch eine große. Seiner Natur nach ist es ein pflanzliches Zellgewebe, bei welchem die Mehrzahl der Zellen in der Richtung der Längsachse des Stammes liegen. Diese Zellen heißen Holzzellen, während die Markstrahlen kleine, radial laufende Zellen sind.

Die Bildung des Holzes aus Zellen verschiedener Längenausdehnung, Lage und Wandstärke bedingt, daß das mechanische Verhalten je nach der Richtung der Beanspruchung sehr verschieden ist. In der Richtung der Achse ist das Holz spaltbar, besonders leicht in jener achsialen Richtung, die gleichzeitig auch radial ist, wo also sowohl die Holzzellen, als auch die Markstrahlen nicht durchschnitten, sondern bloß aus ihrer Verbindung gelöst werden.

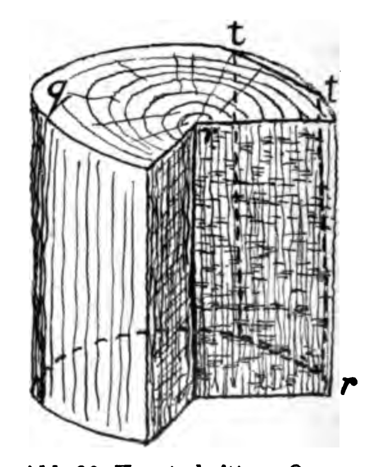


Abb. 96. Hauptschnitte: *q* Querschnitt, *rr* Radialschnitt, *tt* Tangentialschnitt.

Wird ein Stamm normal zur Längsrichtung durchschnitten, so erhält man den sogenannten Querschnitt *q*, Abb. 96. Schneidet man vom Zentrum gegen den Umfang in radialer Richtung, so erhält man den Radialschnitt *r*. Einen Tangentialschnitt *t* nennt man einen Schnitt, der mehr oder weniger in der Richtung einer den Stamm tangierenden Ebene geführt ist. Im Querschnitte sieht man die Gruppierungen der Holzzellen nach den sogenannten Jahresringen. In jedem einzelnen Jahre ist die Entwicklung der Holzsubstanz nach den Jahreszeiten verschieden, und zwar nicht nur quantitativ, sondern

auch qualitativ. Ist die Entwicklung eine langsame (Herbst, Winter), so verdicken sich die Holzzellen mehr. Das Frühlingsholz geht fast kontinuierlich in das Sommer- und Herbstholz über. An letzteres setzt sich dann beim nächsten Triebe gleichsam sprunghaft wieder Frühlingsholz an.

Wenn ein pflanzliches oder tierisches Gebilde näher auf seine Struktur (auf die Art der Zellenverbindung) geprüft werden soll, so sind stets mehrere Schnitte, insbesondere nach den Hauptrichtungen, zu nehmen. Die Abb. 97 bis 99 zeigen die drei Hauptschnitte durch Tannenholz in etwa

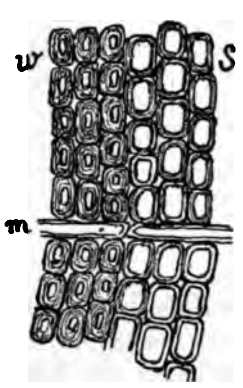


Abb. 97. Querschnitt. *s* Sommer-, *w* Winterholz.

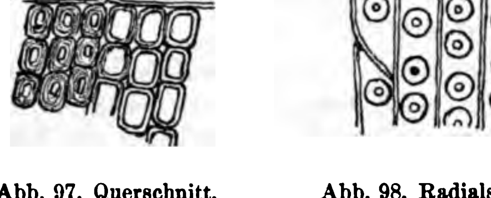


Abb. 98. Radialschnitt. *m* Markstrahlen.

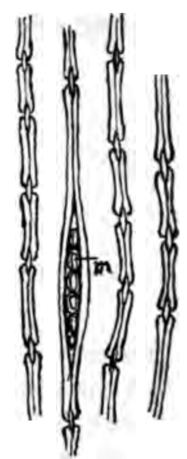


Abb. 99. Tagentialschnitt.

400maliger Vergrößerung und sie lassen erkennen, daß nur aus dem Vergleiche dieser verschiedenen Schnitte die Erkenntnis des Baues möglich wird.

Unsere Nadelhölzer — Fichte, Tanne, Föhre — weisen im Radialschnitte alle deutlich getüpfelte Holzzellen auf.

Die Markstrahlen erscheinen im Radialschnitte schon dem freien Auge als feine, glänzende Streifungen — Spiegel.[1]) Die Markstrahlen sind teils primäre, d. h. vom Stammkerne bis zur Rinde laufende, teils sekundäre, d. h. solche, welche von späteren Jahresringen ihren Ursprung nehmen.

Am spaltbarsten ist das Holz in der Richtung des Radialschnittes, doch setzen die zarten Markstrahlen dem Spalten auch in anderen Richtungen, welche zur Stammachse parallel sind, keinen großen Widerstand entgegen.

Zur mikroskopischen Unterscheidung der Nadelhölzer können die Merkmale der Markstrahlen herangezogen werden, wie dies die Abb. 100 bis 102 erkennen lassen.

Während bei den Nadelhölzern als Längszellen nur Holzzellen

[1]) Sehr hübsche Dünnschnitte (Querschnitt, Tangential- und Radialschnitt) sind in dem Buche Burkharts „Die wichtigsten europäischen Nutzhölzer", Brünn 1880, enthalten; hierzu guter, kurzgehaltener Text, betreffend die Beschaffenheit und den Gebrauch der abgehandelten Holzarten.

vorkommen, weisen die Laubhölzer auch Gefäße auf, welche größeren Durchmesser als die Holzzellen und andere Struktur besitzen und ein wesentliches Mittel zur Erkennung der Holzart liefern. Nachstehende Abb. 103 bis 106 zeigen einige Gefäße verschiedener Laubhölzer.

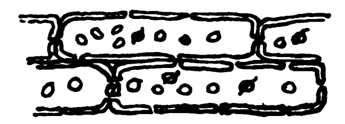


Abb. 100. Markstrahlen der Tanne.

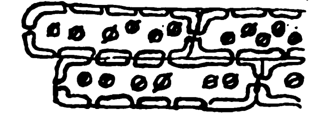


Abb. 101. Markstrahlen der Fichte.

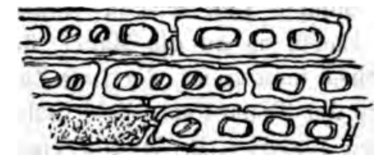


Abb. 102. Markstrahlen der Föhre.

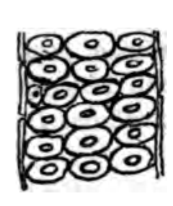
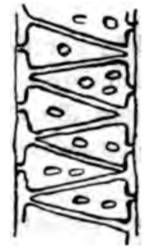
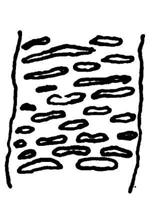





Abb. 103 bis 106. Gefäßfragmente verschiedener Laubhölzer.

Die Substanz des Holzes bezeichnet man mit dem Worte Holzstoff, was nicht mit Zellulose zu verwechseln ist. Man kann Holzsubstanz (Lignin) durch chemische Mittel, z. B. durch Kochen in starken Laugen oder doppeltschwefeligsaurem Kalk in Lösung bringen, und der unlösliche Rückstand ist dann nahezu chemisch reine Zellulose. Der Inhalt der Holzzelle besteht im frischen Holze nicht nur aus Wasser, sondern auch aus verschiedenen stickstoff- und kohlenstoffhaltigen Bestandteilen (Pflanzenalbuminaten, Harzen, Farbstoffen usw.), welche in der Zelle teils gelöst, teils eingelagert sich vorfinden. Die stickstoffhaltigen Bestandteile des Zellinhaltes sind insbesondere bezüglich der Haltbarkeit des Holzes von wesentlichem Einflusse.

Der Wassergehalt wird durch ein längeres Austrocknen großenteils entfernt. Frisches Holz hat infolge seines Wasserreichtums und der in den Zellen enthaltenen sonstigen Substanzen keinen Klang. Langjährig ausgetrocknetes Holz gewisser Holzarten kann zu musikalischen Instrumenten, Resonanzböden u. dgl. Verwendung finden; ausgetrocknetes Holz entsprechender Form gibt beim Anschlagen Klang.

Die im Holz enthaltenen stickstoffhaltigen Bestandteile sind die Hauptursache der Fäulnis des Holzes. In trockener Luft oder an trockenen Orten fault Holz nicht; aber an feuchten Orten finden fäulniserregende Sporen in

den stickstoffhaltigen Zellen ihren Nährboden. Es entwickeln sich die Fäulnispilze und das Holz geht in Fäulnis über, welche nicht nur den Zellinhalt, sondern auch die Holzsubstanz ergreift. Die Mittel, das Holz vor Fäulnis zu bewahren, sind:

1. Aufbewahrung an trockenen Orten;
2. Trocknen und Dörren;
3. Entfernen der Saftbestandteile;
4. Imprägnieren mit fäulniswidrigen Substanzen;
5. Überstreichen mit Wasser undurchlässigen Anstrichen.

Feuchtigkeit und dumpfe Luft wirken verderblich. Legt man z. B. einen Tram mit seinen Enden so an die Mauer, daß zwischen dieser und dem Stirnende des Holzes kein freier, der Luft Zutritt gewährender Raum bleibt, so wird das Ende des Trames sehr bald faulen. Gibt man aber einen, wenn auch kleinen freien Raum, z. B. durch Einlegen eines Stückes Dachziegel, so daß die unmittelbare Berührung mit dem feuchten Mauerwerk entfällt, so bleibt das Holz erhalten.

Wenn man Holz dörrt, so wird nicht nur der Wassergehalt aus dem Holze entfernt, sondern auch das Pflanzeneiweiß zum Gerinnen gebracht. Das koagulierte Pflanzenalbumin ist gegen die Fäulnis weit widerstandsfähiger als das gelöste Eiweiß, und aus diesem Grunde ist auch das Dörren ein Mittel, Holz haltbarer zu machen.

Unter dem Auslaugen des Holzes versteht man die künstliche Entfernung der Saftbestandteile entweder durch Einlegen des Holzes in reines fließendes oder stehendes Wasser, oder dadurch, daß man es dämpft, beziehungsweise mit heißem Wasser behandelt. Man kann die Saftbestandteile aus dem Holze ziemlich vollständig entfernen. Man erhält dann reineres, vom löslichen Pflanzeneiweiß befreites Holz, welches an Festigkeit nichts verloren hat. Auf das Auslaugen muß man ein Trocknen in der Luft oder in Trockenkammern folgen lassen. Das Trocknen soll allmählich erfolgen, um ein Zerreißen zu verhindern.

Das Holz hat die üble und für den Maschinenbau außerordentlich lästige Eigenschaft des Schwindens, beziehungsweise des Quellens.

Schwinden nennt man die Volumsverminderung, die beim Austrocknen eintritt; Quellen die Volumsvermehrung, beim Übergang aus dem trockenen in den feuchten Zustand. Man trachtet, das Schwinden und Quellen so weit als möglich zu vermindern. In diesem Sinne wirkt das Dörren günstig ein, weil die leicht wasseranziehenden Eiweißbestandteile koaguliert werden und dadurch das Holz minder hygroskopisch wird. Noch wirksamer ist es, auf das getrocknete Holz einen schützenden Anstrich zu geben, welcher das Einsaugen von Feuchtigkeit hindert.

Das Schwinden findet nach den verschiedenen Hauptrichtungen verschieden stark statt. Am geringsten in der Richtung der Faser, mehr in

radialer und noch mehr in tangentialer Richtung. Diese Schwindungen verhalten sich etwa wie 1 : 10 : 20. In radialer Richtung beträgt das Schwinden im Mittel etwa 3%; doch verhalten sich die verschiedenen Hölzer sehr verschieden.[1]) Wenn man einen Stamm durch eine Reihe von Parallellängsschnitten in Bretter teilt, so findet ein gewisser Übergang vom Radial- in den Tangentialschnitt statt. Da das Holz in tangentialer Richtung mehr schwindet als in radialer, so wird es sich dort, wo die Schnittfläche der Tangentialrichtung näher liegt, mehr zusammenziehen. Das Brett krümmt, „wirft" sich beim Trocknen. Um das Werfen, welches mithin eine Folge ungleichen Schwindens oder Quellens ist, hintanzuhalten, wendet man verschiedene Mittel an.

Eines der wirksamsten Mittel besteht darin, daß man das Stück aus Teilen zusammensetzt, deren Faserlauf nach verschiedenen Richtungen geht. Man hat dann eine Zwangsverbindung, wie sie z. B. bei den gewöhnlichen Reißbrettern, vollkommener bei Meßtischbrettern besteht. Beim Reißbrett läuft die Faserrichtung der Länge des Brettes nach. Rechts und links sind Anstoßleisten, die mit einer Nut versehen sind und die sogenannte Feder des Brettes aufnehmen (▆ ─▆▆). Man wählt die Anstoßleiste aus einem härteren Holze; der Faserlauf derselben liegt senkrecht gegen den Faserlauf der meist weichen Bretter. Die Anstoßleiste hat den Zweck, das Verkrümmen des Brettes möglichst zu hindern. Das Meßtischbrett, welches seine stabile Form behalten muß, ist aus vielen im Faserlaufe wechselnden Stücken zusammengesetzt; die Schwindungskräfte der einzelnen Teile heben sich so ziemlich auf.

Um Holz auch dort, wo dasselbe mit Erde oder anderen fäulniserregenden Substanzen in Berührung ist, zu konservieren, wendet man Imprägnierung an. Im Maschinenbau findet dieselbe selten Anwendung, da man das Holz entweder trocken zu halten vermag oder mit schützenden Anstrichen versieht. Wo aber das Holz den Einflüssen der Feuchtigkeit und fäulnißerregender Substanzen ausgesetzt ist (Schwellen der Eisenbahnschienen, Telegraphenstangen usw.), soll man imprägnieren.

Als Imprägnierungsmittel haben sich bewährt: Sublimat oder Chlorquecksilber, Kupfervitriol, Chlorzink und Kreosot, beziehungsweise Teer. Man kann die Imprägnierungsflüssigkeiten durch Niederdruck, Mitteldruck und Hochdruck in das Holz bringen. Mit Niederdruck imprägniert man durch Einlegen der bearbeiteten Holzstücke in die Imprägnierungsflüssigkeit; hierbei dringt dieselbe nur bis auf eine geringe Tiefe (etwa 10 *mm*) ein. Die Schwellen werden in einen kalfaterten Holzkasten gelegt, beschwert und hierauf der Kasten mit verdünnter Sublimatlösung (1 Teil auf 150 Teile Wasser) gefüllt. Die Dauer der Einwirkung beträgt etwa 10 Tage. Das auf diese Art imprägnierte Holz darf nicht be-

[1]) Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, Bd. 4, S. 373. Dr. H. Nördlinger, Die technischen Eigenschaften der Hölzer, Stuttgart 1890.

arbeitet werden, denn man würde die imprägnierte Schicht entfernen und das nicht imprägnierte Innere den schädlichen Einflüssen freilegen. Dieses Verfahren wird Kyanisieren, nach dem Erfinder Kyan, genannt.

Das Verfahren mit Mitteldruck findet bei der Imprägnierung mit Kupfervitriol Anwendung. System Boucherie. Die Imprägnierung erfolgt mit einem Drucke von $^1/_2$ bis 1 Atmosphäre. Die Gefäße mit 1%iger Kupfervitriollösung sind auf einem 5 bis 10 *m* hohen Gerüste angebracht, von welchem Rohrleitungen herab zu den Stämmen führen. Der Stamm, auf doppelte Schwellenlänge geschnitten, wird in der Mitte tief eingeschnitten, wobei er an der Schnittstelle unterstützt wird; die freien Enden bedingen ein Aufklaffen des Schlitzes, in welchen nun ein mit Unschlitt getränkter Strick so eingelegt wird, daß er den Schnittspaltrand abschließt. Die Mittel stütze wird hierauf entfernt und der Stamm an den beiden Enden unterstützt; dadurch sinkt der Stamm in der Mitte etwas ein und die mit Fett getränkten Stricke werden derart geklemmt, daß sie den Hohlraum des Einschnittes abdichten. In diesen Hohlraum wird durch eine entsprechend gelegte Bohrung die Imprägnierungsflüssigkeit eingeleitet.

Dieselbe durchdringt den Stamm nach beiden Seiten der Länge nach und fließt am Ende in Rinnen ab. Anfänglich erscheint die austretende Flüssigkeit braun, endlich wird sie bläulich. Enthält die austretende Flüssigkeit bei $^2/_3$% Vitriol, so hört man mit dem Imprägnieren auf. In den Zellen lagert sich Kupfervitriol ab und spaltet man solch getrocknetes Holz, so sieht man deutlich die blauen Kristallchen des Vitriols.

Das Hochdruckverfahren treibt die Imprägnierungsflüssigkeit mit drei bis zehn Atmosphären Pressung in das Holz. Als Flüssigkeit verwendet man entweder Chlorzink oder auch Destillationsprodukte des Teeres oder Teer selbst. Die zu imprägnierenden Schwellen werden auf kleinen eisernen Karren in einen großen Kessel geschoben, welcher innen Schienen besitzt, auf welchen die Räder der Karren laufen. Das Imprägnierungsverfahren ist verschieden. Beim System Burnett mit zirka 2%iger Chlorzinklösung wird ein Kessel von drei- bis vierfacher Schwellenlänge angewendet; es werden drei bis vier mit Schwellen beladene Wagen eingefahren, durch etwa drei Stunden gedämpft, wobei man den ausgelaugten Saft abfließen läßt, hierauf wird durch $^1/_2$ Stunde auf $^2/_3$ Atmosphäre evakuiert, die Imprägnierungsflüssigkeit aus einem tiefer stehenden Behälter aufgesogen, und dann durch etwa vier Stunden ein Druck von fünf bis sieben Atmosphären gegeben. Beim Verfahren von Bethell mit „Kreosotöl" (schweres Teeröl) wird das Holz zuerst getrocknet, dann mit warmem Teeröl bei einem Drucke von zehn Atmosphären imprägniert.

Die Kosten für die Imprägnierungsflüssigkeit pro eine Schwelle betragen bei dem Verfahren von Kyan zirka 1 *K* (84 Pf.), von Boucherie zirka 60 *h* (50 Pf.), von Burnett zirka 48 *h* (41 Pf.), von Bethell zirka 1 *K* 20 *h* (1 Mark).

Holzart	Mittlere Dauer in Jahren	
	natürlich	imprägniert
Eiche	10 bis 16	16 bis 25
Föhre	7 „ 8	12 „ 14
Tanne, Fichte	4 „ 5	9 „ 10
Buche	$2^{1}/_{2}$ „ 3	9 „ 10

Der Vorteil der Imprägnierung ist mithin bei der Rotbuche am größten.

Zu baulichen Zwecken wendet man imprägniertes Holz sehr selten an, weil innerhalb der Räumlichkeiten das Holz meistens vor den schädlichen Einwirkungen genügend geschützt ist. Man soll nie ein frischgeschlagenes, sondern stets nur gut lufttrockenes Holz verwenden. Auch soll das Bauholz zur Winterszeit geschlagen werden.

Imprägnierung gegen Brennbarkeit findet wohl selten statt, doch ist dieselbe unschwer durchzuführen. Man kann trockenes Holz schwer entzündbar machen, wenn man es mit verdünnter Wasserglaslösung mehrmals bestreicht, wobei das Einsaugen der Lösung dann besser erfolgt, wenn man dieselbe heiß aufträgt. Empfehlenswert ist auch die Imprägnierung oder der Anstrich mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak.[1]) In den letzten Jahren wurde von Seite der Karbolineumfabrik R. Avenarius in Amstetten (Niederösterreich) der Holzanstrich „Antipyrit“ eingeführt, welcher die Brennbarkeit des Holzes wesentlich vermindert.

Das Austrocknen der Nutzhölzer muß oft deshalb verzögert werden, damit keine Risse auftreten. Man bewirkt dies durch einen Anstrich der Stirnenden mit Wasserfarbe oder durch Bekleben mit Papier. Manche Hölzer werden auch nur teilweise, nach einer Schraubenlinie entrindet, damit sie langsamer trocknen.

Wenn man in einer Gegend bauliche Konstruktionen ausführt, wo der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ein großer ist, so sind die Tram- und Fußböden mit Ventilationsschläuchen (Öffnungen durch die Mauer) zu versehen; auch ist der Bauschutt künstlich zu trocknen. Es gibt Gegenden, wo die Luft zeitweise einen so hohen Feuchtigkeitsgrad hat, daß die baulichen Holzkonstruktionen (wenn auf die erwähnten Vorsichten nicht Rücksicht genommen ist) Feuchtigkeit anziehen und durch einen eigenen Pilz, den Hausschwamm (merulius lacrimans), der den richtigen Nährboden auf dem Holze findet, zerstört werden.[2])

---

[1]) S. Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, Bd. 3, S. 575. Dingler's polyt. Journ., Bd. 199, S. 194.

[2]) Als Mittel gegen den Hausschwamm wurde mehrseitig mit gutem Erfolge ein Anstrich mit Viktoriagelb (Dinitrokresylnatrium) angewendet, welches unter der Benennung Antinonnin von der Farbenfabriksgesellschaft vorm. Fried. Bayer & Ko. in Elberfeld in den Handel gebracht wird.

Im Waggonbau findet nach dem Trocknen und Bearbeiten der Bretter das sogenannte Abflammen zu dem Zwecke statt, späteren Anstrich besser haftend zu machen. Das Abflammen ist ein Durchziehen der hochkantig gestellten Bretter durch einen eigenen Ofen. Die Flamme schlägt rechts und links gegen das Holz und dieses wird durch die Flamme hindurchgezogen, wodurch es an der Oberfläche kräftig gedörrt wird. Ein abgeflammtes Brett eignet sich für den Ölfarbenanstrich viel besser als ein nur getrocknetes Brett.

Verschiedene Arten der Hölzer und einiges über ihre Verwendung.

Die Holzarten sind in ihren Eigenschaften außerordentlich verschieden. Als das spezifisch leichteste Holz dürfte wohl das zu den Bombaceen gehörige Balsaholz mit 0·16 spezifischem Gewicht, als das spezifisch schwerste das schwarze Eisengrenadillholz mit 1·28 zu bezeichnen sein. In ersteres dringt eine Nadel ebenso leicht ein, wie in Kork, während letzteres sich mit dem Messer kaum mehr schneiden läßt.

Nördlinger teilt die Hölzer nach ihrer Härte in Gruppen, welche durch nachstehende Eigenschaftswörter gekennzeichnet sind: steinhart, beinhart, sehr hart, hart, ziemlich hart, weich und sehr weich.

Zu den „steinharten" Hölzern gehören das Ebenholz, das Pockholz, das Grenadillholz und noch mehrere andere ausländische Hölzer. Ein Brettchen aus diesen Hölzern, mit einem leichten Hammer beklopft, klingt ähnlich wie eine Marmorplatte. Das Ebenholz ist das Holz verschiedener Diospyrosarten, die schwarzen Ebenhölzer sind hochgeschätzt und werden zu verschiedenen feinen Drechsler- und Tischlerwaren verarbeitet; die braunen Varietäten werden meist schwarz gebeizt. Das Ebenholz ist schwer, dicht, feinzellig und spröde. Das Pockholz, Guajakholz, Lignum sanctum (von Guajacum officinale) ist sehr schwer, sehr dicht und dauerhaft, weil sehr harzreich, es wird zu Hämmern, Walzen, Färberwindebäumen, Turbinenlagern, Kegelkugeln u. a. m. verarbeitet. Das Grenadillholz ist dem Pockholze ähnlich. Man bezeichnet besonders harte Sorten desselben als Eisenholz (Eisengrenadill). Die Farbe des Grenadillholzes ist rotbraun, braun und auch schwarz.

Zu den „beinharten" Hölzern rechnet man das Sauerdorn-, Buchsbaum-, Heckenkirschen- und Syringeholz. Technisch wichtig ist besonders das Buchsholz durch seine außerordentliche Dichte und Gleichförmigkeit, welche Jahresringe kaum unterscheiden läßt. Es ist das Holz der Xylographen, welche die Holzschnitte auf Scheiben dieses Holzes herstellen, die senkrecht zur Stammachse geschnitten sind; natürlich eignet sich dieses Holz auch zu den feinsten Drechslerwaren und wird dasselbe zu Broschüreschützen, Blasinstrumenten u. a. m. verwendet. Seine Farbe ist meist blaßgelb.

„Sehr harte" Hölzer sind Kornelkirsche, Hartriegel und Weißdorn. Das Holz der Kornelkirsche (Cornus mascula), in Wien „Dirndelholz" genannt, sowie das Weißdornholz ist zugleich auch ein sehr zähes Holz, welches sich zu Hammerstielen und Maschinenteilen, Radzähnen usw. eignet.

Zu den „harten" Hölzern gehören Eiben-, Masholder-, Kreuzdorn-, Kirschbaum-, Weißbuchenholz u. a. Das Weißbuchenholz wird insbesondere zu Holzwerkzeugen (Heften der Stemmeisen, Hobelkästen usw.) verwendet, auch im Maschinenbau, z. B. zu den Zähnen von Kammrädern, zu Lagern u. dgl.

„Ziemlich harte" Hölzer sind die Hölzer der Esche, Zwetschke, Mahalebkirsche, Akazie und Ulme. Das Eschenholz wird als Tischlerholz und seiner Zähigkeit wegen

auch zu Wagendeichseln und Turngeräten verwendet, in ersterem Falle gewöhnlich zu Furnieren aus knorrigen Klötzen geschnitten. Für Deichseln u. dgl. wählt man geradwüchsige Bäume. Ulmenholz wird sowohl im Wagenbau als zu Axtstielen u. dgl. benützt.

Zu den „etwas harten" Hölzern gehören: Silberahorn, Spindelbaum, Rotbuche, Nußbaum, Birnbaum, Apfelbaum, Eiche, Vogelbeerbaum.

Das Eichenholz ist ein vielgebrauchtes Werkholz, insbesondere im Wagenbau und zu Fässern (Böttcherholz), nebenbei auch als Tischlerholz. Hierzu ist auch das indische Eichenholz (Tiekholz, Teakholz) zu rechnen. Das Rotbuchenholz wurde früher fast nur als hartes Brennholz verbraucht, in neuerer Zeit jedoch auch zu Möbeln aus „gebogenem Holze", zu Fußbodenbelag und zu Petroleumfässern.

„Weiche" Hölzer sind: Fichte, Tanne, Lärche, Föhre, Birke, Roßkastanie, Haselnuß u. a.

Fichten- und Tannenholz sind unsere gebräuchlichen Bauhölzer, d. h. das Holz zu Dachstühlen, Trämen und weichen Fußböden; auch werden sie vom Tischler zu weichen Möbeln verarbeitet.

Das harzreiche Föhren- und Lärchenholz findet seine Verwendung insbesondere dort, wo das Holz den Einflüssen der Atmosphäre oder fäulniserregender Stoffe ausgesetzt ist. Aus Föhrenholz werden gern die Rahmen der äußeren Fenster, aus Lärchenholz Wasserleitungs- und Brunnenröhren hergestellt. Am harzreichsten ist das Holz der Pechföhre von Pinus rigida oder resinosa, welches selbst lufttrocken häufig etwas größeres spezifisches Gewicht als das Wasser besitzt und für den Waggonbau (insbesondere zu Viehwaggons) aus Amerika bezogen wird.

Das Birkenholz wird in größeren Mengen als Wagnerholz und zu Holzstiften (Schuhzwecken) verarbeitet. Aus allen weichen Hölzern wird auch Holzzeug oder Holzschliff, das Hauptmaterial ordinärer Papiere, in großen Mengen hergestellt; desgleichen „Zellulose" als Ersatz für Leinenhadern.

„Sehr weiche" Hölzer sind die Hölzer der Weymouthskiefer, Pappel, Weide, Linde, Espe und Zeder. Espenholz wird zur Herstellung langer feiner Späne verwendet, aus welchen Holzgewebe, meist zu ordinären Sommerhüten, angefertigt werden. Das Holz der Zeder wird zu den Fassungen besserer Bleistifte verarbeitet.

Allgemeine Bemerkungen über Rohmaterialien.

Aufgabe des Maschineningenieurs ist es, Arbeitsmaschinen für die verschiedensten Materialien und Zwecke zu liefern und treten an ihn in dieser Beziehung im praktischen Leben oft die mannigfachsten Forderungen heran. Er muß sich zunächst über die Eigenschaften des zu bearbeitenden Materials unterrichten, nicht selten zu diesem Zwecke selbst Versuche ausführen. Das Verhalten gegen äußere Kräfte — Druck zwischen den Fingern, Behandlung mit dem Hammer — wird zunächst Aufschluß geben, ob das Material bildsam ist. Es wird das Verhalten des Materials in verschiedenen Temperaturen zu untersuchen sein, in vielen Fällen auch der Einfluß des Einwirkens von Wasser, insbesondere bei längerem Einweichen, welches z. B. Meerschaum, Elfenbein und andere Zähne für die folgende Bearbeitung günstig beeinflußt. Die Erwärmung darf zu Formänderungszwecken nie bis zu einer Höhe getrieben werden, welche die Substanz chemisch verändert, zersetzt, wie dies bei vielen Stoffen organischen Ursprunges der Fall ist. Erst auf Grundlage ziemlich eingehender Kenntnis der Eigenschaften des

Materials kann der Maschineningenieur eine Arbeitsmaschine konstruieren, denn erst diese Kenntnisse liefern die Grundzahlen über anzuwendende Kräfte und zulässige Geschwindigkeiten.

Die spezielle mechanische Technologie, d. h. die Verarbeitungslehre eines bestimmten Materials, hat daher stets zuerst und tunlichst eingehend die mechanisch-physikalischen Eigenschaften des Materials zu behandeln, mit Rücksicht auf die verschiedenen handelsüblichen Qualitäten, auf Verunreinigungen und Verfälschungen, und ist das Material ein organisiertes, wie Holz, Steinnuß, Getreide, Zähne u. dgl., so wird auch die histologische Untersuchung erforderlich.

Manche Materialien setzen der Bearbeitung durch ihre besonderen Eigenschaften auch besondere Schwierigkeiten entgegen. Als Beispiel mag hier der Kautschuk hervorgehoben werden. Dieses Material wird in den Kautschukfabriken wohl durch kräftiges Kneten mittels besonderer Walzwerke, welche mit erwärmten Walzen (unter 80° C) arbeiten, in den bildsamen (knetbaren) Zustand versetzt, und kann in diesem, allenfalls unter Zusatz von Lösungsmitteln (Benzin usw.) in seiner Weichheit gesteigert, mit anderen Substanzen, z. B. Schwefel (zum Zwecke des Vulkanisierens), Kienruß (zum Zwecke der Volumsvermehrung und satten Schwärzung) versetzt werden. Es kann daher der Kautschuk bildsam gemacht werden; die Erzielung dieses Zustandes ist aber an so spezielle, kräftig wirkende Hilfsmittel gebunden, — die Walzwerke erfordern zirka zehn Pferdekräfte — daß von der Bildsamkeit dieses Materials nur in den Spezialfabriken Gebrauch gemacht werden kann. — In Maschinenfabriken wird daher der Kautschuk zu Puffern u. dgl. meist nur in Stücken verwendet, welche aus der Kautschuk- oder Gummiwarenfabrik bezogen werden, und zwar zumeist vulkanisiert und in Form und Größe zum Gebrauche unmittelbar geeignet. Nur das Schneiden zylindrischer oder scheibenförmiger Stücke aus dicken Kautschukplatten wird zuweilen in der Maschinenfabrik oder von Drechslern ausgeführt, in welchem Falle scharfe, rasch bewegte Messer, meist röhrenförmiger Gestalt, mit Wasserzufluß gegen die Schneidstelle, zur Wirkung kommen.

Vulkanisierter Kautschuk ist als chemische Verbindung des Kautschuks mit Schwefel zu betrachten, welche Verbindung durch verschiedene Methoden erreichbar ist. Der vulkanisierte Kautschuk ist in den Lösungsmitteln des Kautschuks nicht mehr löslich und bleibt in der Kälte elastisch, während reiner Kautschuk hart wird, auch verträgt derselbe etwas höhere Temperaturen ohne Zersetzung.

III. TEIL.

Von den passiven Hilfsmitteln der Bearbeitung.

Zu den passiven Hilfsmitteln der Bearbeitung gehören:

1. Die Mittel zum Messen und Linienziehen;
2. die Mittel zum Festhalten; und
3. die Mittel zur Erhitzung.

1. Mittel zum Messen und Linienziehen.

Die jedem Techniker bekannten Mittel zum Messen, die Maßstäbe[1]) und gewöhnlichen Zirkel, mit den Varianten Spitz- und Stangenzirkel, dürfen hier übergangen werden, nur sei bemerkt, daß das Bandmaß, aus einem Stahlband hergestellt, ein sehr praktisches Maß für den Werkstättendienst ist.

Häufig ist bei Bearbeitungen die Aufgabe zu lösen, parallel zur Kante eines Arbeitsstückes eine Linie anzureißen oder einen Schnitt zu führen. Hierzu bedient man sich des Reiß- und Streichmaßes. Dasselbe beruht in seiner einfachsten Form im wesentlichen darauf, daß Stahlspitzen mit

---

[1]) Die im allgemeinen Gebrauch stehenden, zusammenlegbaren Maßstäbe werden auf dreierlei Art hergestellt. Entweder man preßt die Teilung ein, wobei einzelne Lamellen, welche in entsprechenden Abständen stehen, sich mit ihren Unterkanten in das Material eindrücken und eine vertiefte Teilung erzeugen, oder es findet nur ein farbiger (schwarzer) Druck auf der Oberfläche des Maßstäbgliedes statt, oder es werden beide Verfahren verbunden und es erscheinen die Striche schwarz und vertieft.

Stahlmaßstäbe mit vertiefter Teilung, welche von 0·5 bis 1 *m* Länge käuflich sind, werden dadurch hergestellt, daß die Schiene (Blatt) zwischen hochgravierten Walzen durchgezogen wird.

In ähnlicher Weise können auch die Glieder zusammenlegbarer Holz- oder Massemaßstäbe hergestellt werden, es erfolgt hierbei zugleich das Schwärzen der vertieften Linien dadurch, daß die Prägescheibe an ihren Höhen eingeschwärzt ist.

Durch ein einfaches sinnreiches Druckverfahren werden Bandmaße für die Bekleidungsgewerbe aus breitem Wachstuch hergestellt.

Stäbchen, welche in einem Anschlage verschiebbar befestigt sind, beim Hinschieben des Anschlages an der Kante des Arbeitsstückes mit ihren Spitzen parallele Linien ins Arbeitsstück einreißen.

Nachstehende Figuren stellen Streichmaße dar: *A*, Abb. 107, ist der Anschlag; *P* das verschiebbare, mittels Keil feststellbare Prisma.

Das Tischlerstreichmaß wird entweder nur mit einer Reißspitze ausgeführt oder auch mit zweien, in welchem Falle die zweite Spitze behufs Änderung der Spitzenentfernung *d* an einer Leiste befestigt ist, welche sich in einer Nut des Prismas *P* verschieben läßt. Hierdurch können zwei parallele Linien von bestimmtem Abstande unter sich und vom Rande angerissen werden.

Die für Metallbearbeitung angewendeten Reißmaße sind aus Metall hergestellt; nur der Anschlag ist zuweilen aus Holz, mit Stahl verkleidet.

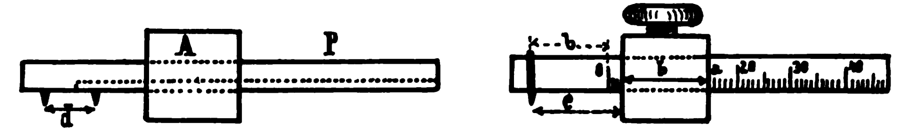


Abb. 107. Streichmaß.

Abb. 108. Streichmaß mit Maßstab.

Versieht man das verschiebbare Prisma mit entsprechender Teilung, deren Nullpunkt von der Nadelspitze um die Breite des Anschlages absteht, so kann man die Entfernung der Spitze vom Anschlage bei *a*, Abb. 108, ablesen, beziehungsweise die Spitze auf eine bestimmte Entfernung *e* einstellen.

Die Praxis erheischt oft, auf ein Arbeitsstück, z. B. ein Lager usw. in einer gewissen Höhe eine Linie einzureißen. Zu diesem Behufe wird das betreffende Arbeitsstück mit seiner bereits bearbeiteten Grundfläche auf eine horizontal gestellte, ebene Platte, Richtplatte gestellt und mit dem stehenden Streichmaße die Linie dadurch angerissen, daß man dasselbe auf der Richtplatte verschiebt, während die Spitze gegen das Arbeitsstück gedrückt wird.

An der vertikalen Säule des stehenden Streichmaßes, Abb. 109, kann die Hülse, welche die Reißnadel trägt, beliebig vertikal verschoben und auch gedreht werden. Ebenso läßt sich die Reißnadel in ihrer Längsrichtung verschieben, drehen und feststellen. Man kann nach Bedarf die Spitze bei *s* oder *t* zum Anreißen gebrauchen. Durch Drehen der Reißnadel erfolgt leichteres Einstellen der Spitze *S* auf eine bestimmte Höhe.

Die richtige Einstellung der Spitze des stehenden Streichmaßes auf eine verlangte Höhe erfolgt durch Zuhilfenahme eines mit Teilung versehenen, gleichfalls auf die Richtplatte gestellten Stativs. Der Nullpunkt der Stativteilung liegt im Niveau der Richtplatte. Manche stehende Streichmaße sind mit Mikrometerschraube zur feinen Einstellung der Spitze versehen. Viele Arbeitsstücke werden mit einem Anstrich aus weißer Wasserfarbe versehen, damit die Linien der Reißnadel deutlicher hervortreten.

In den Werkstätten verwendet man zum Messen, richtiger „Abgreifen", der Dicken und Höhlungen die Greif- oder Dickzirkel und die Hohlzirkel. Abb. 110 und Abb. 111.

Um die Einstellung dieser Zirkel leichter vornehmen zu können, werden dieselben zuweilen mit einer Schraube versehen, deren Gebrauch die Zirkelschenkel entsprechend einander nähert oder entfernt. Bei diesen Zirkeln kann das gewöhnliche Scharnier durch eine hufeisenförmige Feder ersetzt sein (Federzirkel).

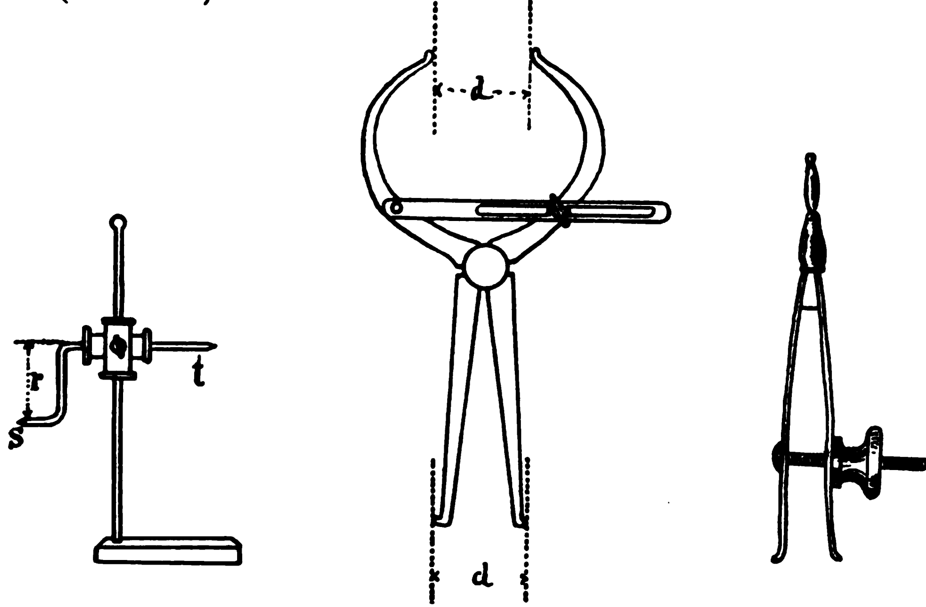


Abb. 109. Stehendes Streichmaß. Abb. 110. Dick- und Hohlzirkel. Abb. 111. Hohlzirkel.

Bei jenen Zirkeln, welche keine Stellschraube besitzen, muß im Zirkelscharnier genügende Reibung vorhanden sein, damit keine unabsichtliche Verstellung eintritt. Das beiläufige Öffnen des Zirkels erfolgt von Hand aus und das Einstellen bis zur genauen Berührung des abzugreifenden Stückes dadurch, daß man den Zirkel, welchen man am Scharniere hält, gegen einen festen Körper derart anschlägt, daß die Zirkelschenkel sich einander nähern. Man kann bei einiger Übung auf diese Art den Zirkel sehr genau einstellen. Häufig wird der Zirkel nach einem zylindrischen Maße (Kaliber s. unten) so eingestellt, daß er sich mit schwacher Reibung darüber ziehen läßt; das herzustellende zylindrische Arbeitsstück muß nun so weit abgedreht oder abgeschliffen werden, bis dem Darüberschieben des Zirkels gleicher Widerstand entgegentritt. Bei einiger Übung (Gefühl) mißt, beziehungsweise vergleicht man auf $^1/_{100}$ *mm* genau.

Durch eine eigentümliche Einrichtung des Zirkelscharniers kann mit einem Greifzirkel auch der Durchmesser größerer Voll- und Hohlzylinder annähernd gemessen werden, als solche zwischen die Zirkelspitzen genommen werden könnten, weil durch drei Punkte ein Kreis bestimmt ist und der Zirkel so zum Anliegen gebracht werden

kann, daß derselbe das zu messende Stück sowohl mit den beiden Enden als mit der Kreisscheibe des Scharniers berührt.

Das Scharnier besteht aus dem mit einer Aufsatzscheibe *s* versehenen Teile I, Abb. 112, dem ringförmigen Teile II, welcher auf I aufgesetzt werden kann, und der Scheibe III, welche mit drei Schräubchen an I befestigt wird. Aus Abb. 112 ist der Gebrauch dieses Zirkels 1. als Dickzirkel, 2. zum Messen der Durchmesser äußerer

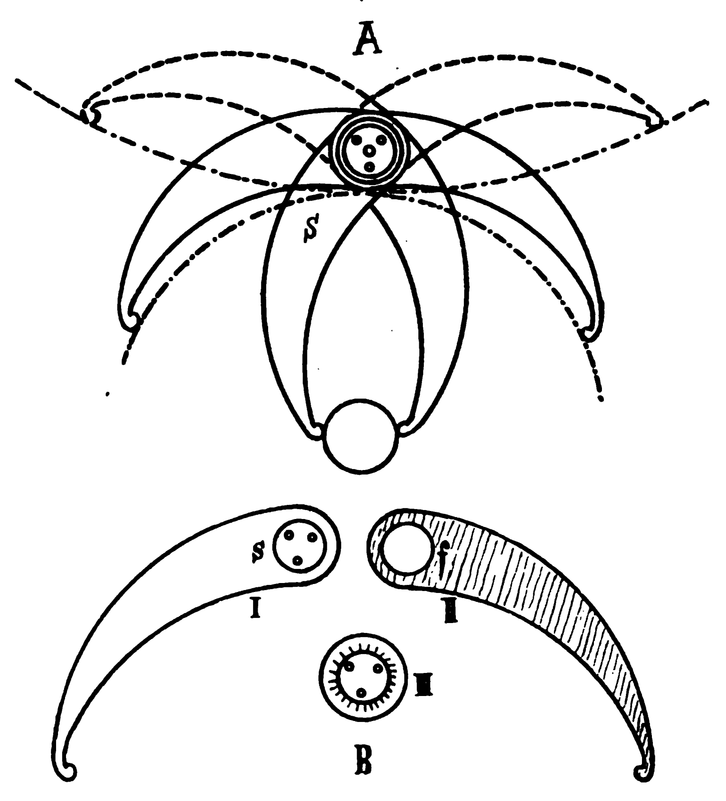


Abb. 112. Dickzirkel mit Scheibenscharnier.

größerer Krümmungen, 3. zum Messen der Durchmesser innerer Krümmungen zu ersehen. Ein Pfeil zeigt auf die empirische Teilung an der Scheibe III und läßt auf dieser näherungsweise den Durchmesser ablesen. Verdreht man den Zirkel noch weiter im Scharniere, so erlangt er die Gestalt eines Hohlzirkels und kann als solcher verwendet werden.

Zu den zirkelähnlichen Hilfswerkzeugen gehören auch jene Vorrichtungen, welche als Drahtzangen in der Weise in Verwendung kommen, daß man den zu messenden Draht im zangenförmigen Maule faßt und die erfolgte Öffnung aus der Stellung des einen Zangenschenkels an der Teilung des Kreisbogens abliest, welcher mit dem andern Schenkel verbunden ist. Zwischen beiden Zangenschenkeln befindet sich eine Blattfeder, welche leichten Andruck der Zange an den Draht vermittelt. Abb. 113.

Zum Messen von feineren Drähten oder kleiner Zapfen, wie sie in der Uhrmacherei gebraucht werden, dient der Streichersche Apparat (Abb. 114), welcher im Prinzipe zu den Drahtzangen gehört, jedoch eine dem Zwecke entsprechende, genauere Ablesung gestattet. Der eine Zangenbacken ist an ein Gehäuse geschraubt, während der zweite zu einem Hebel ausgebildet ist. Eine Uhrfeder vermittelt durch Kettentrommel und Kette den Schluß der Zange. Ein mit der Trommelachse verbundener Zeiger weist

auf einen geteilten Kreis und gestattet die Hebelstellung auf dessen empirischer Teilung abzulesen. Die Drahtdicken werden hier, wie bei der Drahtzange, nicht eigentlich gemessen, d. h. auf 1 *mm* bezogen, sondern man erhält für jede Drahtdicke eine Zahl (Nummer).



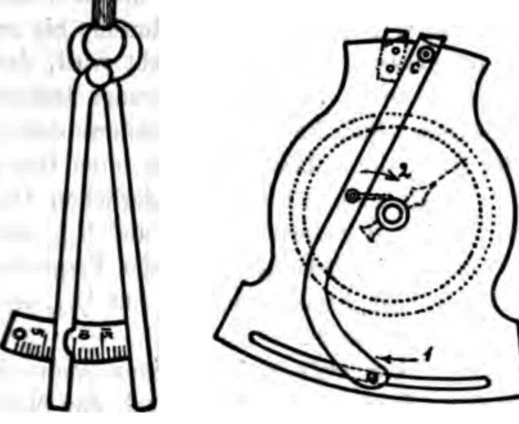


Abb. 113. Drahtzange.

Abb. 114. Streicher's Drahtmaß.

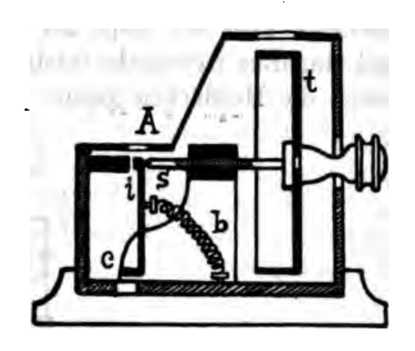


Abb. 115. Piknometer.

Zum Messen der Dicken des Papieres bedient man sich des sogenannten Piknometers, welches aus Abb. 115 ohne weitere Beschreibung verständlich ist, wenn bemerkt wird, daß das zu messende Papier durch den Schlitz bei A in die Zange i gesteckt und letztere hierauf durch die Schraube s geschlossen wird. An der geteilten Trommel wird die Dicke in Hundertel von Millimetern abgelesen.

Zum Messen von Dicken werden ferners noch mit ausgezeichnetem Erfolge Schraublehren gebraucht. Die Einrichtung ist aus untenstehender Abb. 116 ersichtlich.

Die Schraube s findet in bR_1 ihre Mutter, die Dicke des Werkstückes entspricht dem Abstande der Kante mn vom Nullpunkte der Teilung ($d = d'$). Es sei noch bemerkt, daß der Bügel b in das Rohr R_1 ausläuft, über welches sich das Rohr R_2, welches mit der Schraube s fest verbunden

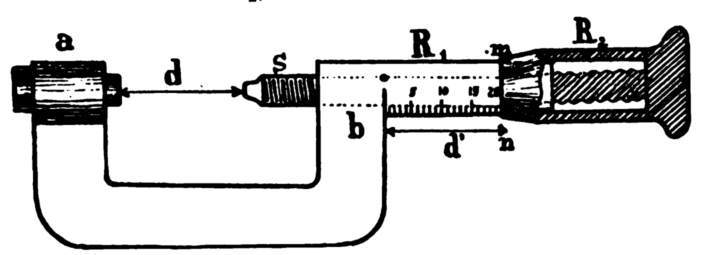


Abb. 116. Schraublehre.

ist, hinschiebt, beziehungsweise dreht. Das Rohr R_2 besitzt eine abgeschrägte Fläche, auf welcher eine Teilung derart angebracht ist, daß noch $^1/_{10}$ *mm* direkt abgelesen werden können. Das Schräubchen bei a dient zur Rektifikation.

Bei Anwendung der Schraublehre darf das Drehen der Schraube s nur so lange erfolgen, bis der zu messende Gegenstand zwischen den Endflächen

der Schräubchen mäßig geklemmt ist. Das Drehen der Schraube muß mit Gefühl des Widerstandes geschehen, sonst drückt man *s* in den Gegenstand ein und das Maß wird zu gering gefunden. Um diesem Übelstande zu begegnen, versah man das Ende des Rohres R_2 mit einem Kopf, der sich mit Reibung auf R_2 drehen läßt, die so groß sein muß, daß die Schraube bis zu erfolgtem dichten Anliegen an den zu messenden Körper gedreht wird, des weiteren aber der Kopf auf R_2 gleitet. Diese Vorrichtung versagt jedoch bei längerem Gebrauche infolge Abnützung. Man kann mit der Schraublehre, wenn die Meßflächen genau parallel sind, die Schraube keinen toten Gang besitzt und mit der erforderlichen Genauigkeit geschnitten ist, auf $^5/_{100}$ *mm* genau, ja, bei entsprechender Vergrößerung der Kreisteilung bis auf $^1/_{100}$ *mm* genau messen.

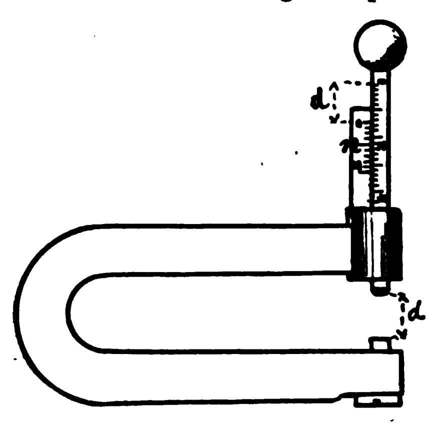


Abb. 117. Dickenmaß..

Um stets gleichförmigen Andruck zu erhalten, kann man auch das Meßwerkzeug Abb. 117 benützen. Bei demselben fällt (gleitet) ein zylindrisches mit Teilung versehenes Stäbchen durch die Röhre eines, der Schraublehre ähnlich gestalteten Bügels auf das zu messende Stück. Der Andruck ist durch das Gewicht des Stäbchens bedingt. Die Ablesung erfolgt mit Zuhilfenahme des Nonius *n*, welcher auf dem Fortsatze des Rohres angebracht ist.

Ein vielgebrauchtes Meßwerkzeug ist die Schieb- oder Schublehre; dieselbe besteht aus einem meist mit Maßstabteilung versehenen Lineale *l*, mit welchem der Anschlag *a* fest verbunden ist, der zweite Anschlag *b* ist

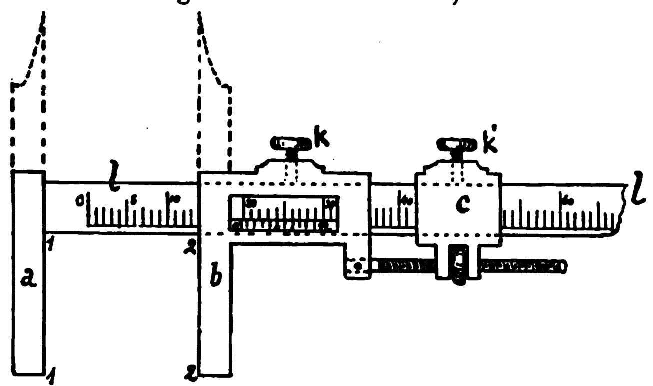


Abb. 118. Schieblehre.

beweglich, d. h. auf dem Lineale verschiebbar und feststellbar. Bei feiner ausgeführten Schieblehren, wie eine solche in Abb. 118 dargestellt ist, befindet sich in der Hülse des Anschlages *b* ein rechteckiger Ausschnitt und an der unteren Seite desselben, auf der schräg gegen das Lineal verlau-

fenden Ebene ist ein Nonius n angebracht, dessen Benützung es ermöglicht, den Abstand der beiden Meßflächen 1, 1 und 2, 2 auf $^1/_{10}$ *mm* genau abzulesen. Zudem ist auf das Lineal eine dritte Hülse c aufgeschoben, deren Zweck aus der Schilderung des Gebrauches erhellt.

Will man mit dieser Schieblehre messen, so lüftet man zunächst die beiden Klemmschrauben k, k^1 und macht hierdurch b und c auf l verschiebbar. Man schiebt von Hand aus b und c gegen den zu messenden Gegenstand, so daß die beiden Meßflächen denselben nahezu berühren, stellt c durch k^1 fest und dreht hierauf die zwischen den Zinken von c gehaltene Schraubenmutter derart, daß der bewegliche Anschlag b durch die Schraube gegen das zu messende Stück geführt und dasselbe zwischen den Meßflächen mäßig geklemmt wird. Es erfolgt nun die Ablesung am Nonius.

Findet die Schieblehre zu dem Zwecke Anwendung, ein Arbeitstück nach bestimmtem Maße herzustellen, so wird b auf dieses Maß zuerst von Hand aus, dann durch Benützung der Mutter genau eingestellt, b durch k festgestellt und die Lehre sodann wie eine gewöhnliche Lehre (s. d.) benützt.

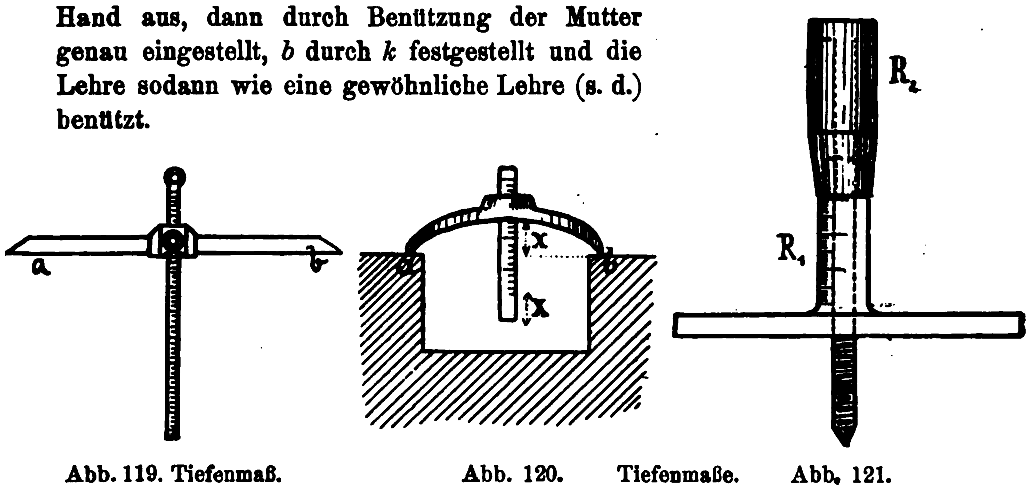


Abb. 119. Tiefenmaß. Abb. 120. Tiefenmaße. Abb. 121.

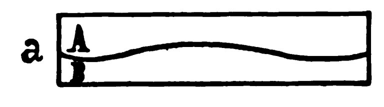
Soll die Schieblehre auch dazu dienen, die gemessene Strecke auf eine Zeichnung zu übertragen, so gestaltet man die Anschläge, wie die Punktierung in Abb. 118 andeutet, in Spitzen aus, in welchem Falle der Spitzenabstand genau gleich dem Abstande der Meßflächen sein muß.

Zum Messen der Tiefen von Bohrungen u. dgl. benützt man die sogenannten Tiefenmaße, welche in ihrer einfachsten Form durch Abb. 119 gekennzeichnet sind. Da aber ein Aufliegen des geraden Querstückes nicht immer möglich ist, so formt man dasselbe verschieden, wie Abb. 120 zeigt, hierbei ist die Teilung entsprechend der Distanz x zu versetzen. Man kann auch für das genaue Messen geringer Tiefen das Tiefenmaß ähnlich der Schraublehre einrichten (Abb. 121) und es gibt dann der Abstand der Kante des Rohres R_2 von dem Nullpunkte der Teilung die Entfernung der Spitze vom Lineal, somit die zu messende Tiefe an.

Ein diesem Instrument ähnliches, Stichmaß genannt, wird zum Messen der Durchmesser von Zylinderhöhlungen benützt. Bei dem Stichmaße drehen

sich zwei an den äußeren Enden mit Spitzen versehene Rohre ineinander. Man kann das Stichmaß aus dem Tiefenmaße (Abb. 121) dadurch abgeleitet denken, daß man das Rohr R_1 über die Schraube hinaus verlängert und ebenso wie R_2 in eine abgerundete Spitze enden läßt. Um Innendurchmesser sehr verschiedener Größe messen zu können, bedient man sich eines Satzes solcher Instrumente oder man richtet das Instrument so ein, daß die maximale Entfernung der Meßspitzen durch Einsatzstücke nach Bedarf vergrößert werden kann.

Von besonderer Wichtigkeit für den Werkstättendienst sind Richtschiene, Winkel und Richtplatte. Das Material dieser Vorrichtungen ist Stahl oder Gußeisen. Alle Kanten müssen bei Richtschiene und Winkel vollkommen geradlinig, die Flächen eben und unter rechten Winkeln gegeneinander stehen. Die vollkommen exakte Herstellung solcher Instrumente ist nur durch das sogenannte Schabverfahren möglich, obwohl auch genaue Schleifmaschinen Produkte liefern können, welche für die meisten Bedürfnisse genügen. Bei der Durchführung des Schabverfahrens werden drei durch Hobeln und Schleifen tunlichst genau hergestellte gleiche Richtschienen in folgender Weise behandelt. Man bestreicht eine der drei Richtschienen (B) an einer Längsseite mit Engelrot (Rötel) und drückt sie gegen die zweite (A). Die Übertragung der Farbe zeigt jene Stellen an, welche sich unmittelbar berührten. Man schabt nun mittels eines Schabers so lange an den markierten Stellen der Schiene A, bis endlich unter Wiederholung des Verfahrens A an B genau angepaßt ist. In gleicher Weise paßt man die Richtschiene C an B an. Setzt man nun A auf C (Abb. 122), so erscheinen die Fehler verdoppelt. Durch Farbe werden die sich berührenden Höhen kenntlich; man beschabt nun die Höhen einer dieser Schienen, z. B. A und vermindert dadurch die Fehler. Hierauf paßt man wie früher B und C an die Schiene A. Nun bringt man B und C zusammen, markiert die sich berührenden Höhen in der bekannten Weise durch Einfärben der einen und Auflegen auf die zweite, beschabt die Höhen der Richtschiene C und paßt A und B gegen C, prüft diese beiden gegeneinander und bekommt auf diesem Wege endlich drei Richtschienen, welche je eine genau ebene Fläche besitzen. Ist durch diesen Vorgang eine Fläche der Richtschiene rektifiziert, so wird unter Anwendung von Meßwerkzeugen die gegenüberliegende richtig gestellt. Die auf der ersten Fläche senkrechten werden nach jener Methode richtig gestellt, mittels welcher man Winkel rektifiziert. Zur Rektifikation der Winkel bedient man sich einer genauen Richtschiene AA^1 (die obere Ebene muß genau sein), auf welche die zu prüfenden Winkel aufgesetzt werden können. Vorerst werden die Flächen ab, $a'b'$ und $a''b''$ der Winkel I und II und eines dritten III nach dem Schabverfahren rektifiziert, wobei nur die Winkel beschabt werden, hierauf wird die senkrechte Fläche bc des einen Winkels mit



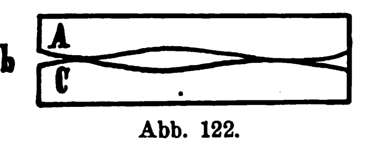


Abb. 122.

Rötel bestrichen, so daß die Erhöhungen sich auf $b'c'$ von II (und $b''c''$ von III) abfärben. Man paßt nun II und III durch das Schaben an I an, setzt hierauf II und III, deren Fehler sich verdoppeln, auf, beschabt III und paßt I und II an III, stellt dann I und II zusammen und geht so weiter nach bekannter Methode vor.

In ganz ähnlicher Weise, wie die Richtschienen, werden auch Richtplatten rektifiziert.

Nach dieser Methode stellte zuerst die berühmte englische Firma Whitworth Richtplatten von solcher Genauigkeit her, daß, zwei solche Platten mit ihren ebenen Flächen aufeinander gelegt, die obere auf der unteren, wegen der minimalen Luftschicht, die an den Flächen festgehalten wird, sich fast reibungslos verschieben läßt: „schwimmt".

Handelt es sich darum, die Neigung von Kanten oder ebenen Flächen gegen die Horizontale zu bestimmen, beziehungsweise diese nach gegebenem Winkel einzustellen, so bedient man sich mit Vorteil einer Richtschiene mit drehbar eingesetzter Libelle (Abb. 123). Das Libellengehäuse bildet eine halbe Kreisscheibe, welche mit einer Kreisteilung versehen ist und sich in ihrem Sitze verdrehen läßt. Soll z. B. die Neigung der Linie *ab* gemessen werden, so setzt man die Richtschiene an, dreht die Libelle, bis die Luftblase einspielt und liest ab.

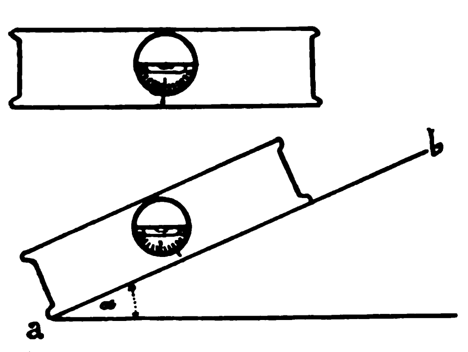


Abb. 123. Richtschiene mit Libelle.

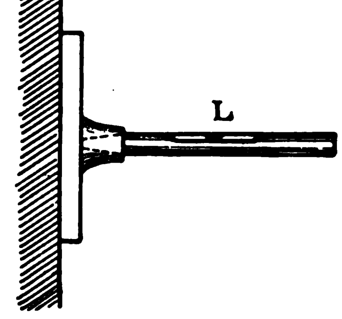


Abb. 124. Winkel mit Libelle.

Außer diesem Instrumente verwendet man bei Montierungen, d. i. bei dem Aufbaue der Maschinen aus ihren Teilen, noch ein Werkzeug, bei welchem in einen Anschlag eine Libelle, die für sich auch als Wasserwage in Verwendung kommen kann, konisch eingesetzt ist. Bei Einspielung der Luftblase an der Marke steht der Anschlag vertikal (Abb. 124).

Lehren.

Unter Lehren versteht man solche in Stahl ausgeführte Meßwerkzeuge an welchen bestimmte Längen durch Anarbeitung entsprechender Flächen gegeben sind. Lassen sich diese Längen nach Bedarf durch Verstellung eines Bestandstückes der Lehre abändern, dann heißt die Lehre verstellbare Lehre (Schieblehre, Schraublehre s. S. 141 und 142).

Die Messung beruht zumeist in dem Vergleiche der Abmessung des Werkstückes mit der an der Lehre fixierten Länge.

Eine der ältesten Lehren ist die Drahtlehre, eine Stahlscheibe, die am Umfange Einschnitte besitzt, welche gegen außen konvergieren, gegen innen kreisförmig erweitert sind (Abb. 125). Die Breite der Einschnitte ist entsprechend abgestuft. Der zu messende Draht wird vom Rande der Scheibe durch einen der Einschnitte einzuführen gesucht und durch die Erweiterung ausgezogen. Jener Einschnitt, welcher den Draht eben noch passieren läßt, entspricht der Dicke des Drahtes und neben ihm ist in die Lehre eine Nummer oder die Maßzahl geschlagen.

Eine andere Form einer Drahtlehre, beziehungsweise Blechlehre, zeigt Abb. 126, während Abb. 127 einen Drahtring (Meßring) darstellt, deren viele mit verschiedener Spaltweite in Benützung stehen.

Die alten Drahtlehren hatten willkürliche Spaltweite und durch sie wurde der Draht nach Nummern bestimmt. Mechaniker Wilh. Kraft führte zuerst Lehren mit stufenweise steigender Millimeterteilung ein.

Für das Messen der Dicken der Stricknadeln bedient man sich auch aus Stahlblech hergestellter Lehren mit reihenweise gebohrten Löchern verschiedenen Durchmessers.

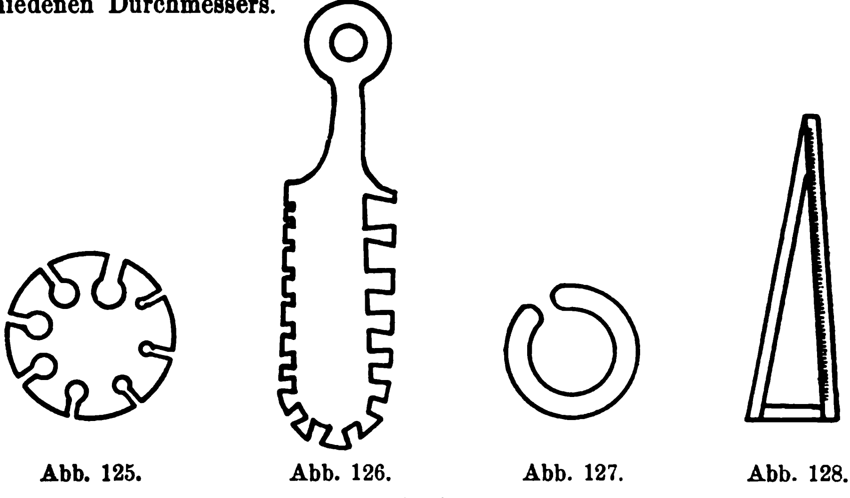


Abb. 125. Abb. 126. Abb. 127. Abb. 128.

Drahtlehren.

Zum Messen von Drähten bedient man sich zuweilen eines Instrumentes, welches aus zwei gegeneinander geneigten, mittels eines Bügels fest verbundenen Linealen besteht (Abb. 128). Die Messung erfolgt durch Einschieben des Drahtes, bis derselbe zwischen den Linealen schwach geklemmt ist, und Ablesen an der Berührungsstelle.

Gleichwie zum Messen von Draht die Lehren äußerst bequem sind und einen hohen Genauigkeitsgrad liefern, so sind ähnliche, einfache Lehren auch im gewöhnlichen Werkstattbetriebe außerordentlich empfehlenswert. Dort, wo viele Stücke in genau gleichen Abmessungen anzufertigen sind, wie bei der Gewehrfabrikation, dem Nähmaschinenbau, ist die Benützung gehärteter Stahllehren durchweg in Übung. Der Arbeiter mißt mit Lehren, der Werkführer kontrolliert mit Lehren und diese werden wieder durch Lehren überprüft.

In die Gruppe der Lehren gehören auch jene Meßwerkzeuge für Zapfen und Spindeln einerseits und Lager und Bohrungen anderseits, welche die Benennung Kaliber führen (Abb. 129). Das Vollkaliber, d. i. der mit einem Handgriff versehene Zylinder, hat um zirka $^1/_{100}$ *mm* kleineren Durchmesser als das Hohlkaliber, damit die nach diesen Kalibern hergestellten Voll- und Hohlzylinder (Zapfen und Lager) ineinander gebracht werden können und etwas Raum für das Schmiermittel bleibt.

Jede Maschinenfabrik muß sich Sätze solcher Kaliber anschaffen, da nur durch deren Beihilfe genaue Lagerungen nach Maß herstellbar sind.

Derlei Kaliber, welche aus gehärtetem Stahle bestehen sollen, erheischen besondere Vorrichtungen und Vorsichten bei ihrer Herstellung.

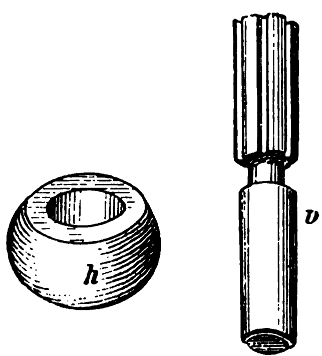


Abb. 129. Voll- und Hohlkaliber.

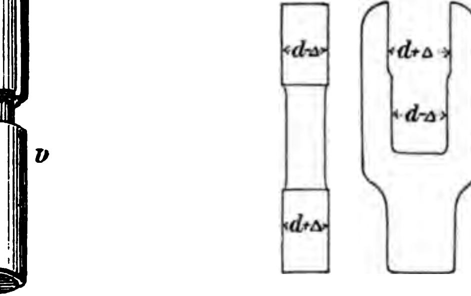


Abb. 130. Doppelkaliber oder Zwieselmaß.

Da sich beim Härten Volumenänderungen einstellen, das gehärtete Stück bekanntlich größer als das ungehärtete ist, so muß die genaue Formgebung nach dem Härten mittels einer entsprechend eingerichteten, sehr exakten Schleifmaschine erfolgen. Beachtenswert ist ferner der Umstand, daß gehärteter Stahl sein Volumen allmählich, einige Monate nach dem Härten, durch molekulare Verschiebungen in den in Spannungszuständen befindlichen Teilchen ändert. Genaue Kaliber müssen daher nach dem Härten zunächst nur einem annähernden Schleifen unterzogen werden, hierauf durch ein halbes bis ein Jahr abliegen und erst dann völlig fertiggestellt werden[1]).

Als sehr beachtenswerte Meßwerkzeuge seien die Doppel- oder Zwieselkaliber hervorgehoben, welche in Abb. 130 charakterisiert sind. Die Differenz $\varDelta$ beträgt die gestattete Abweichung nach oben oder unten, welche das Werkstück von dem verlangten Maße haben darf; $\varDelta$ ist die sogenannte Toleranz, der gestattete Fehler.

Ein herzustellender Zapfen muß mithin so weit bearbeitet werden, daß er in den oberen Raum der Gabel eingeführt werden kann, nicht aber in den unteren, und der größere zylindrische Teil des Doppelkalibers darf in

[1]) Nachträgliche Volumenänderung machte sich auch bei Glas bemerklich. Früher richtige Thermometer wurden unrichtig infolge Volumenänderung des Glases. Siehe Zeitschrift des Vereines für Gewerbefleiß, Sitzungsbericht, 2. April 1894.

die hergestellte Bohrung nicht mehr eintreten können, während sich der kleinere Zylinder einführen lassen muß.

Zum Messen von Bohrungen werden auch solche Kaliber verwendet, welche aus einer größeren Zahl zylindrischer Stücke von abnehmender Größe bestehen.

Verwandt mit den Lehren sind die Schablonen. Es sind dies Stahlblätter, welche an ihrer Kante nach dem Profile des herzustellenden Stückes gestaltet sind. Die Schablonen werden zumeist als Hilfsmittel bei Anfertigung von Rotationskörpern angewendet.

Feinmeßmaschinen.

Nicht nur die Fabrikation der Schußwaffen erheischt eine so genaue Herstellung der Teile, daß jedes Bestandstück in jede Waffe gleicher Art ohne die geringste Nacharbeit eingesetzt werden kann, sondern dieses Erfordernis muß auch bei den Bestandstücken jener Maschinen erfüllt sein, welche der Massenfabrikation unterliegen, z. B. den Nähmaschinen, Lokomobilen u. a. m.

Diese Forderung ist nur durch genaue Lehren und Kaliber zu erfüllen und müssen diese Hilfsmittel bis zu einem hohen Genauigkeitsgrade hergestellt werden können. Aber auch beim gewöhnlichen Maschinenbau drängen die Schrauben zu genauem Messen, denn dieselben sollten nach gewissen Größen- und Steigungsverhältnissen (Gewindsystemen) in den verschiedenen Maschinenfabriken so hergestellt werden können, daß Muttern und Schraubenbolzen derselben Nummer zueinander genau passen, gleichviel wo das eine und das andere Bestandstück hergestellt wurde.

Hier handelt es sich nicht bloß um hohe relative Genauigkeit, d. h. Übereinstimmung mit einer lokal vorhandenen Lehre, sondern um die Einhaltung der genauen Beziehungen zur Maßeinheit, dem Meter, beziehungsweise Millimeter; es handelt sich nicht nur um den Vergleich von Werkstück und Lehre, sondern auch um die Anfertigung der Lehre mit genauer Beziehung auf die Maßeinheit.

Die bisher besprochenen Meßwerkzeuge, die Schieblehre und die Schraublehre, gestatten die Messung nur bis auf $^1/_{10}$ *mm*, d. h. der Fehler kann nach oben und unten je $^5/_{100}$ *mm* betragen. Man kann wohl bei sehr vorsichtiger Handhabung und schätzungsweiser Ablesung am Nonius der Schieblehre oder an der Kreisteilung der Schraublehre noch Hundertel Millimeter schätzen und den Genauigkeitsgrad der Messung von $^1/_{10}$ *mm* auf $^5/_{100}$ *mm* steigern; aber damit ist die Grenze erreicht und dies genügt nicht.

J. Whitworth[1]) in Manchester war der erste, welcher genauere Werkstatt-Meßmaschinen herstellte; ihm folgten J. E. Reinecker in

[1]) Eine ausführliche Besprechung findet sich in Goodeve und Shelley: Die Meßmaschine von Whitworth, deutsch von Schröter, Jena 1879. In dieser trefflichen Schrift ist auch die Anwendung des Schabverfahrens zuerst eingehend besprochen worden. Über die Bedeutung des Feinmessens für den Maschinenbau sowie die Arbeiten der

Chemnitz, C. N. Richter in Wien und die amerikanischen Firmen Pratt & Whitney Co. in Hartford Con., Brown & Charpe in Providence u. a.

Die Maschine von Pratt & Whitney Co.[1]) (Abb. 131) trägt auf einem soliden Bette zwei Docken (Reitstock ähnlich) D_1 und D_2. Die Docke D_1 ist als festgestellt zu betrachten, die Docke D_2 ist durch eine feine und grobe Einstellung verschiebbar, erstere ist bei f angedeutet, letztere erfolgt von Hand aus nach Lüftung der Klemmen, welche in der Abbildung weggelassen sind. Jede Docke trägt einen Bolzen mit stumpfer, ebener, zur Ebene des Bettes genau senkrechter Endfläche.[2]) Beide polierten Endflächen sind so genau parallel, daß sie sich, wenn D_2 an D_1 geschoben wird, vollkommen berühren.

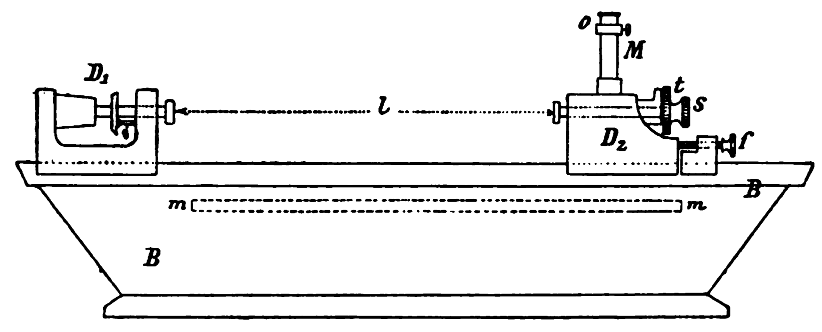


Abb. 131. Feinmeßmaschine von Pratt & Whitney Co.

Zwischen diesen Endflächen, Meßflächen (Pflöcken) wird der zu messende Körper gefaßt, dessen Länge l indirekt dadurch bestimmt wird, daß dieselbe zunächst in Vergleich gesetzt wird mit einem Maßstabe, welcher gleichfalls horizontal, etwas tiefer am Bette angebracht ist und die zu messende Länge vorerst von 25 zu 25 *mm* angibt. Das restliche Maß wird durch Betätigung der an der Docke D_2 angebrachten Mikrometerschraube s bestimmt.

Die Messung zerfällt demnach in zwei Teile und wird in folgender Weise durchgeführt.

Die Docke D_2 wird, nachdem die Meßschraube und ihr Teilkopf t auf Null gestellt sind, an D_1 zuerst von Hand aus, hierauf mit Benützung von Schraube f so angeschoben, daß sich die Endflächen der Bolzen mit dem richtigen Drucke (s. später) berühren und dann das Fadenkreuz des Mikroskopes M durch Benützung des Okularmikrometers o auf den Nullstrich der Maßstabteilung eingestellt.[3]) Hierauf wird D_2 um

amerikanischen Ingenieure auf diesem Gebiete, siehe die Abhandlungen von Prof. F. Reuleaux in den Verhandlungen des Vereines für Gewerbefleiß 1894, S. 142 und 188, und 1895, S. 11, Sitzungsbericht. S. auch Reiche, Maschinenfabrikation, 2. Bd., S. 205.

[1]) Eine treffliche kritische Abhandlung über den erzielbaren Genauigkeitsgrad der Messung von Dr. A. Leman findet sich in den Sitzungsberichten des Vereines für Gewerbefleiß in Pr. 1904, S. 256.

[2]) Die Art der Herstellung dieser Flächen wird später im Abschnitte „Schleifen" besprochen werden.

[3]) Reicht das Okularmikrometer zu dieser Einstellung nicht aus, dann muß man entweder die Stellung der Docke D_1 rektifizieren oder auf die Nullstellung der Schraube s

die beiläufige Länge (nach 25 *mm*) des zu messenden Stückes nach auswärts geschoben, bis das Fadenkreuz mit dem gewünschten Teilstrich stimmt, und D_2 festgestellt; sodann wird das zu messende Stück auf geeigneten Unterlagen in die Höhe der Pflöcke gebracht und durch Betätigung der Schraube *s* mit dem richtigen Drucke zwischen die Bolzen geklemmt, worauf man die Stellung der Meßschraube an einem besonderen in $^1/_2$ *mm* geteilten Maßstabe und am Teilkopfe *t* abliest.

Da die Schraube $^1/_2$ *mm* Steigung hat und die daran befestigte Scheibe *t* in 500 Teile geteilt ist, so lassen sich $^1/_{1000}$ *mm* ablesen, woraus aber nicht folgt, daß man auf $^1/_{1000}$ *mm* genau mißt.

Um den richtigen, d. h. stets gleichen, mäßigen Andruck zwischen den Meßflächen einhalten zu können, ist der Bolzen der Docke D_1 durch eine Feder in die Normallage gedrückt, hierbei ist ein kleines Zylinderchen (Indikatorkolben) *i*, Abb. 132, welches den Druck aufnimmt, in horizontaler Lage gehalten. Wird nun ein

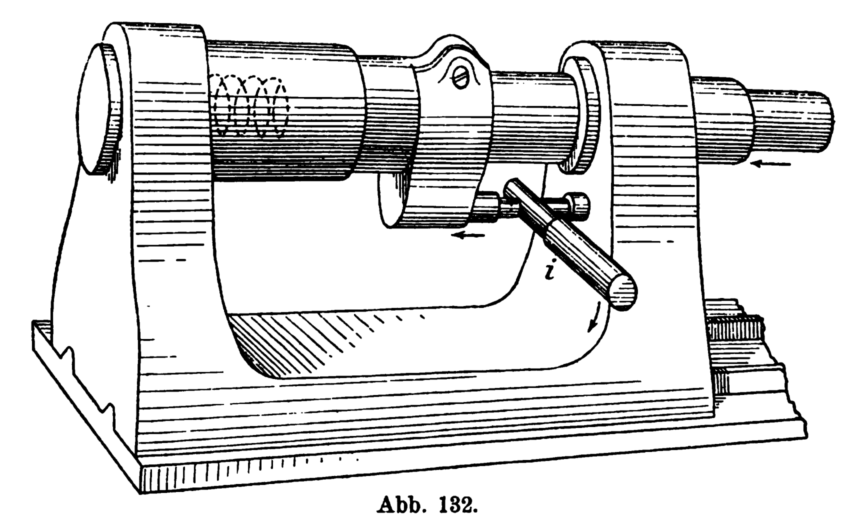


Abb. 132.

sanfter Druck gegen die Endfläche des Pflockes ausgeübt und die Feder minimal zusammengedrückt, so sinkt der kleine Indikatorkolben oder er fällt ab und zeigt hierdurch an, daß der richtige Druck oder ein etwas zu großer Druck ausgeübt wurde.

Es ist mithin bei Pratt & Whitney's Meßmaschine ebenso wie bei dem berühmten Vergleicher von Rogers-Bond, die Endmessung auf Linienmessung zurückgeführt.

Die Vorrichtung behufs Erzielung eines genau gleichen Andruckes ist überaus sinnreich. Auszusetzen sind an dieser Feinmeßmaschine Ungenauigkeiten des Hauptmaßstabes, welche bis $^5/_{1000}$ *mm* betragen, die unvollkommene feine Einstellung des Mikroskopes, zufolge welcher es schwer fällt, den überaus feinen Teilstrich des Maßstabes deutlich zu sehen; auch der Umstand, daß die Höhe der Unterlagen den von Pratt & Whitney gebrauchten Lehrbolzen angepaßt und unveränderlich ist, daher die zentrische Einstellung anders dimensionierter Lehrbolzen mit den der Maschine beigegebenen Unterlagen nicht möglich ist. Als Normaltemperatur ist 62° F oder 16·6° C angegeben.

Sehr beachtenswert ist die Meßmaschine von J. E. Reinecker in Chemnitz-Gablenz. Dieselbe ist eigentlich ein Vergleicher (Komparator); statt des Maßstabes werden Lehrbolzen zur Voreinstellung der Meßflächen ver-

---

verzichten und nach Zusammenfallen des Fadens des Okulares mit dem Nullstrich der Teilung den richtigen Andruck durch Betätigung der Meßschraube *s* erzielen und, nachdem dies geschehen, die Stellung der Meßschraube ablesen und später in Rechnung stellen.

wendet. Das genaue Messen findet dann ebenfalls durch eine kurze genaue Meßschraube statt. Der Andruck wird dadurch genau begrenzt, daß der gedrückte Meßbolzen auf eine mit Flüssigkeit gefüllte Dose wirkt, von welcher die gefärbte Flüssigkeit in ein Steigrohr bis zur Marke gedrückt wird.

2. Mittel zum Festhalten der Arbeitstücke.

Bei der Mehrzahl der Formänderungen eines Arbeitstückes muß dasselbe festgestellt oder festgehalten werden, in vielen Fällen zu dem Zwecke, beide Hände des Arbeiters frei zu machen, oft aber auch deshalb, um durch festes Einspannen kräftiger einwirken zu können.

Die Mittel zum Festhalten sind nach Material und Gestalt der Arbeitstücke sehr verschieden und es ist häufig, insbesondere bei Massenfabrikation geraten, für spezielle Gegenstände auch besondere Einspannvorrichtungen anzufertigen.

In den Werkstätten der Metallarbeiter ist der Schraubstock, in den Werkstätten der Holzarbeiter die Hobelbank das am meisten gebrauchte Mittel zum Festhalten.

Die Schraubstöcke können nach Größe und Gestalt sehr verschieden sein. Der Konstruktion nach werden die sogenannten Flaschenschraubstöcke und die Parallelschraubstöcke unterschieden.

Bei den Flaschenschraubstöcken ist der bewegliche Backen um einen Bolzen (Achse) drehbar, bei den Parallelschraubstöcken parallel zu sich selbst verschiebbar. Die nebenstehende Abb. 133 zeigt einen größeren Flaschenschraubstock, welcher an der Werkbank *w* durch eine den festen Backen *a* umschließende Schere (Klammer) *k* (auch für sich im Grundrisse dargestellt) und durch die Schraube *i* wohl befestigt ist. Mit dem festen Backen sind zwei Bleche *b* durch Nietung verbunden, welche die sogenannte Flasche bilden. In derselben, d. h. zwischen *b*, ist die Drehachse *c* für den beweglichen Backen *a'* angebracht. In eine Erweiterung des festen Backens ist die Mutter *m* eingeschoben und durch Feder und Nut an der Drehung verhindert. Die Schraube *s* läßt sich durch den sogenannten Schlüssel (Windeisen) *d* drehen. Findet die Drehung in der Uhrzeigerrichtung statt, so schraubt sich *s* in die Mutter *m* ein, der Kopf der Schraube drückt gegen *a'* und der Abstand — die Maulweite — der beiden Backen *a a'* ver-

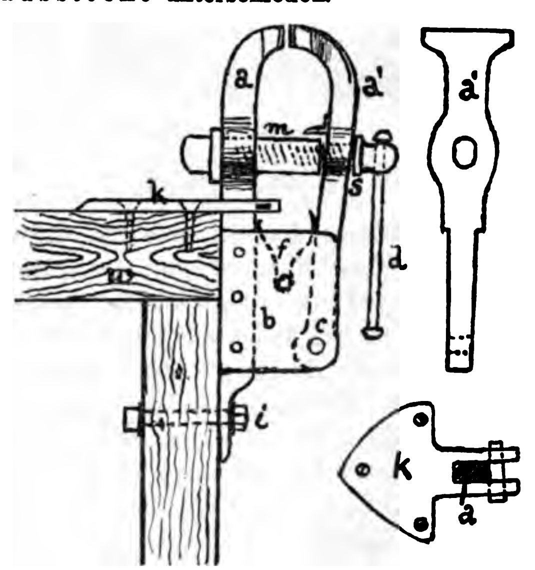


Abb. 133. Flaschenschraubstock.

mindert sich. Bei der entgegengesetzten Drehungsrichtung des Schlüssels *d* schraubt sich *s* aus *m* und wird hierbei der bewegliche Backen durch die Feder *f* nach auswärts, d. h. gegen den Kopf der Schraube gedrückt.

Bei ganz geschlossenem Maule divergieren die Backenflächen, welche aus Stahl und mit feilenartigem Hiebe versehen sind, gegen unten. Bei einem mittleren Backenabstande stehen die Flächen des Maules zueinander parallel und bei größerem Abstande divergieren sie gegen oben. Sollen daher prismatische Arbeitstücke eingespannt werden, so wird je nach ihrer Dicke ein Eindrücken der oberen oder unteren Backenränder erfolgen. Diesen Übelstand kann man durch Einlage von Bleibacken oder durch Spannbleche oder Spannhölzer minder nachteilig machen.

Die Parallelschraubstöcke gestatten, infolge der Parallelverschiebung des beweglichen Backens, durchweg vertikale Lage beider Maulflächen für beliebigen Backenabstand, daher richtige Einspannung der Arbeitstücke.

Die meisten Parallelschraubstöcke besitzen eine horizontal gelagerte Bewegungsschraube und diese findet ihre Mutter in einem der Backen, welcher dann der bewegliche ist. Die Abb. 134 zeigt eine der vielen Anordnungen und bedarf dieselbe wohl nur dahin einer Bemerkung, daß *xx* ein Schutzblech bedeutet, welches die Schraube dachförmig (⌒) deckt und vor den Feilspänen schützt; dieses Schutzblech geht durch einen entsprechenden Schlitz des Backens *a'*, welcher dadurch nicht an seiner Beweglichkeit gehemmt wird.

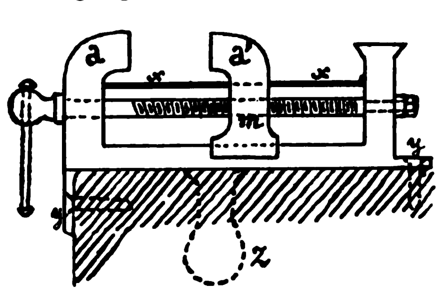


Abb. 134. Parallelschraubstock.

Will man den Schraubstock nach verschiedenen Richtungen schräg stellen können, dann versieht man ihn nach unten zu mit einem Kugelzapfen *z* (s. Punktierung), welcher seinen Sitz in einem gespaltenen anziehbaren Kugellager findet, das mit der Werkbank fest verbunden ist; in diesem Falle entfallen die Ansätze und Schrauben bei *y y* und ist der Raum, welcher in unserer Abbildung als Werkbank angenommen ist und schraffiert erscheint, frei, da die Werkbank sich dann in der Höhe des Kugellagers befindet.

Leichtere und schnellere Handhabung gestattet der Parallelschraubstock von Stephens. Bei zurückgeschlagenem Hebel *h*, Abb. 135, kann der bewegliche Backen *a'* frei verschoben werden. Man schiebt ihn dicht an das Arbeitstück und dreht hierauf den Hebel *h* gegen vor, wodurch festes und dauerndes Klemmen bewirkt wird. Die Einrichtung ist folgende: Das Prisma *p* des beweglichen Backens *a'* ist auf eine gewisse Länge mit feinen riffenartigen Zähnchen versehen und in der Öffnung des Gehäuses gut geführt, *a' p* kann von Hand aus verschoben werden, wenn bei zurückgeschlagenem Hebel *h* die entgegengerichteten Zähnchen der Zunge 3 (Abb. 136) mit jenen des Prismas außer Eingriff stehen. Wird aber der Hebel in der Richtung des Pfeiles angezogen, so legt sich der exzentrische Teil *e* des Hebels

an das Gelenkstück 1, drückt dieses an das Kölbchen 2 und 2 gegen die kleine Schiebklaue 3. Da 1 in dem Gehäuse ein unverrückbares Widerlager findet, so wird die Bewegung mittels der Schiebklaue 3 auf das Prisma *p* übertragen, dasselbe wird nach erfolgtem Eingriffe der Verzahnungen von 3 und *p* ein kleines Stück nach rechts vorgeschoben, daher der Backen *a'* gegen das Werkstück gepreßt. Bei der in Abb. 136 gezeichneten Lage des Hebels *h* ist die Schiebklaue 3 durch die Wirkung einer kleinen Feder ausgelöst.

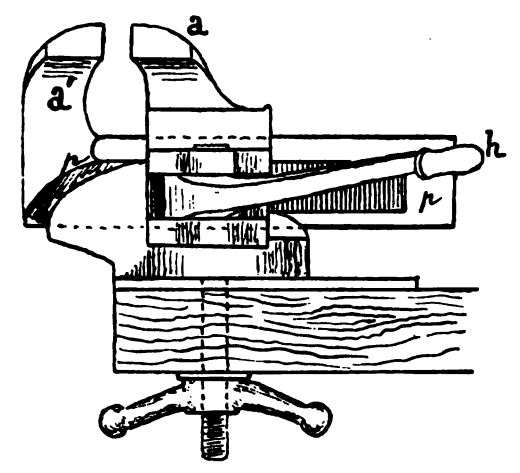


Abb. 135. Stephens-Schraubstock.

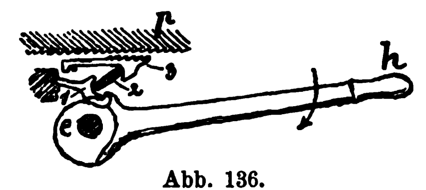
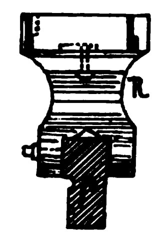


Abb. 136.

Der Druck, mit welchem das Einspannen erfolgt, ist wegen der großen Übersetzung bedeutend. Beim Lösen wird der Hebel *h* zurückgeschlagen, die hakenförmige Nase an *h* zieht das Gelenkstück 1 zurück, während eine Feder auf 3 wirkt und dasselbe in die gezeichnete Lage bringt.

Durch Aufsetzen des in Abb. 137 gezeichneten Hilfsstückes *R* wird der Stephensschraubstock zum Klemmen keilförmiger Stücke eingerichtet. *R* sitzt als Sattel auf dem Prisma *p*, ist durch eine Schraube feststellbar und legt sich mit der bearbeiteten hinteren Fläche an das Maul des Backens *a'* an. Auf der vorderen Seite ist durch Feder und Nut das Segment *S* in kreisförmiger Bahn beweglich mit *R* verbunden und stellt sich beim Einspannen eines Keiles von selbst durch den Anzug desselben ein. Ein Schräubchen sichert den Backen *S* gegen Aüsfallen aus *R*.



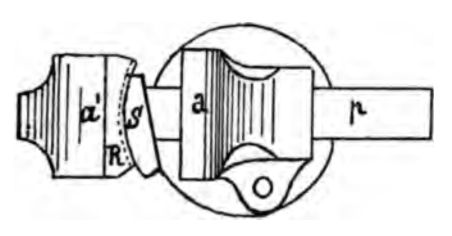


Abb. 137. Einspannvorrichtung für Keile.

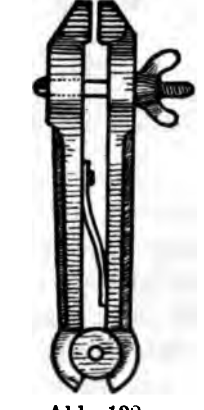


Abb. 138.
Gewöhnlicher Feilkloben.

Die Feilkloben können als kleine, in der Hand zu haltende Schraubstöcke aufgefaßt werden. Es genügt eine Abbildung beizufügen, da dieselbe kaum einer Erklärung bedarf (Abb. 138).

Vorteilhaft ist auch hier die Anwendung der Parallelbewegung und man hat daher auch Parallelfeilkloben hergestellt. Je nach den Backen unterscheidet man breitmaulige und spitzmaulige Feilkloben. Sehr kleine Feilkloben versieht man behufs besseren Haltens mit einem Stiele und nennt sie dann Stielklöbchen.

Damit Draht besser, d. h. nicht schief zur Längsachse des Feilklobens gefaßt werden kann, konstruierte man Feilkloben mit achsialer Bohrung (Abb. 139). Die Achse des Arbeitstückes fällt hier mit jener des Werkzeuges zusammen, was beim „Rundfeilen“ (s. u.) erwünscht ist. Das Öffnen der Backen besorgen kleine Federn, das Schließen derselben erfolgt durch den Kegel, welcher mit dem drehbaren Heft ein Stück bildet. Dreht man den Griff, so schraubt sich derselbe an der durchbohrten Schraubenspindel aufwärts und bewirkt den Schluß der Backen.

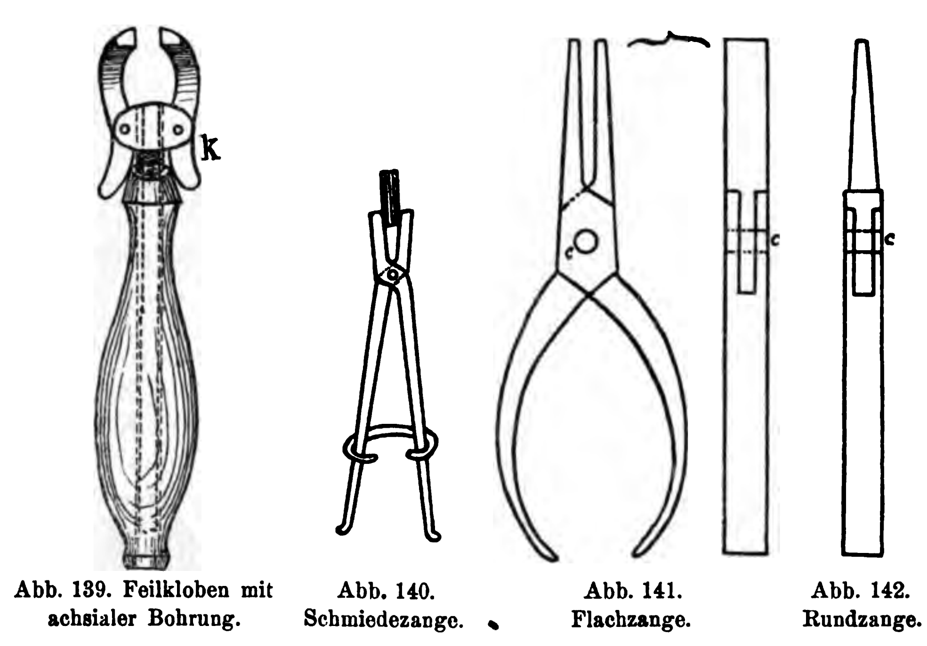


Abb. 139. Feilkloben mit achsialer Bohrung. Abb. 140. Schmiedezange. Abb. 141. Flachzange. Abb. 142. Rundzange.

Unter Rundfeilen versteht man jene Feilarbeit, bei welcher das Arbeitstück während des Feilens um seine Achse gedreht wird. Die Drehung besorgt die linke Hand, während die rechte die Feile bewegt. Das Arbeitstück ist hierbei gewöhnlich im Feilkloben gefaßt und das vorstehende Ende findet seine Lagerung im Feilholze, welches im Schraubstocke eingespannt ist; das Feilholz ist zur besseren Lagerung des Arbeitstückes mit einer eingefeilten Rinne versehen.

Für das schräge Abfeilen der Ränder von Reifen und anderer Arbeitstücke spannt man in den Schraubstock den Reifkloben, eine Kluppe mit derart geneigten Backen, daß das mittels des Reifklobens gehaltene Arbeitstück bei horizontaler Bewegung der Feile eine schräg zur Hauptfläche liegende Facette erhält.

Die Schiebezangen und Schiebepinzetten werden durch Verschieben eines Ringes zum Schlusse gebracht, wie dies ähnlich bei den gewöhnlichen Schmiedezangen der Fall ist (Abb. 140).

Zu den Zangen gehören ferner die zum Festhalten und zum Biegen benützten Flachzangen und Rundzangen (Abb. 141 und 142).

Bei der Herstellung solcher Zangen muß der äußere Teil des Scharniers etwas aufgeweitet werden, um den zweiten Zangenteil durchstecken zu können. Ist dies geschehen, so wird das Scharnier geschlossen, gebohrt und die Niete (Bolzen) eingesetzt.

In den einzelnen Werkstätten muß man zum Festhalten für die in ihren Abmessungen sehr verschiedenen Arbeitstücke einen größeren Satz entsprechend verschieden dimensionierter „Mittel zum Festhalten“ besitzen.

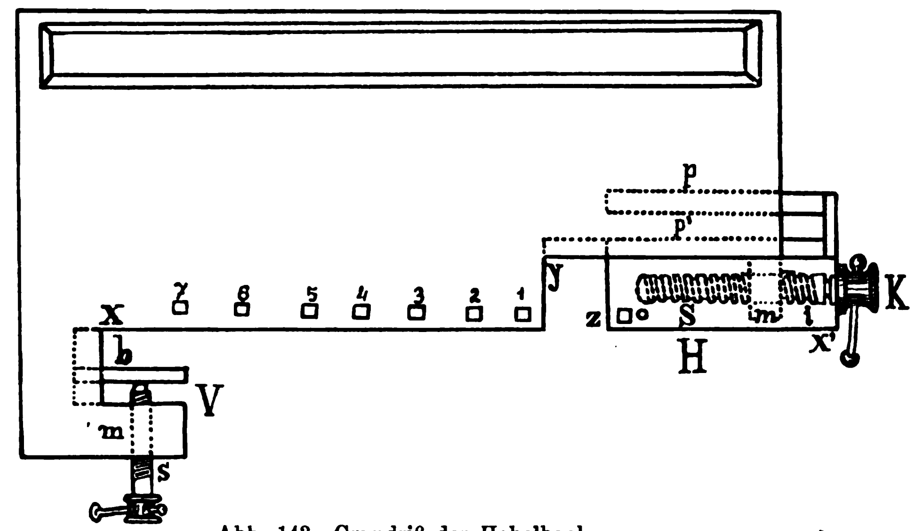


Abb. 143. Grundriß der Hobelbank.

Die Hobelbank ist dem Holzarbeiter ebenso unentbehrlich wie der Schraubstock dem Metallarbeiter. Sie gestattet das Festhalten sehr verschieden gestalteter Arbeitstücke und ist zugleich Mittel zum Festhalten und Werkbank. Die Hobelbank besteht aus einer auf kräftigem Gestelle getragenen massiven Platte, welche im Grundrisse durch die beistehende Abb. 143 dargestellt ist. Die Klemmvorrichtung V heißt Vorderzange und jene H Hinterzange.

Ist ein längeres Brett auf seiner schmalen Kante zu bearbeiten, so wird dasselbe längs der Vorderfläche XX' der Bankplatte und der Hinterfläche des Brettchens b der Vorderzange eingepreßt, anderseits von dem Stehknecht, Abb. 144, unterstützt, dessen Klötzchen k an der Säule S nach Bedarf eingestellt wird, so daß das Brett mit seinen Schmalflächen horizontal liegt und oben leicht behobelt werden kann. Die Hinterzange ist ein hölzerner Parallelschraubstock, doch ist es nicht nur möglich, Arbeitstücke zwischen den Flächen y und z einzuspannen, sondern man kann

durch Zuhilfenahme der in die viereckigen Stützenlöcher einzusetzenden Bankeisen auch größere ebene Stücke feststellen. Die Einrichtung der Hinterzange erhellt durch Vergleich der Abb. 143 und 145. Die Schraube *S* findet in *m* ihre Mutter und ist auf Drehung mittels des sogenannten „eingedrehten Halses" *i* mit dem Schuber *H* verbunden. Die Längsbewegung, welche die Schraube macht, muß der Teil *H* mitmachen, weil durch einen Schlitz desselben ein Blättchen *p* in den eingedrehten Hals hineinreicht, wie Abb. 145 deutlich erkennen läßt, welche einen Vertikalschnitt der betreffenden Teile darstellt.

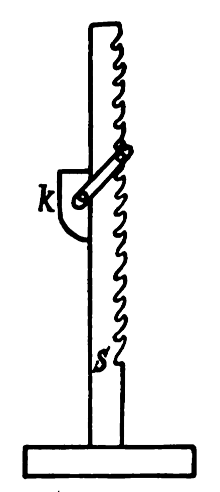


Abb. 144. Stehknecht.

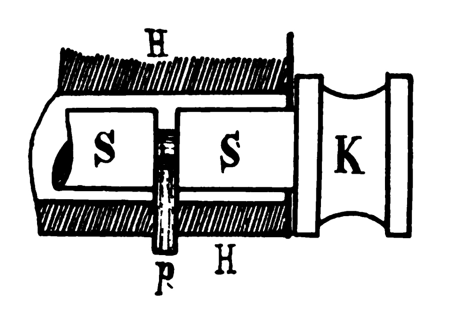




Abb. 145. Eingedrehter Hals.

Die Bankeisen sind kräftige viereckige Eisen mit seitlich angebrachter Blattfeder, welche den Zweck hat, ein festes Sitzen des Eisens im Stützenloch zu bewirken, beziehungsweise ein Durchfallen zu verhindern. Will man von den Bankeisen Gebrauch machen, so kommt eines in das Loch *o* der Hinterzange, ein zweites in eines der Stützenlöcher 1 oder 2 .... oder 7 der Bankplatte; die Köpfe der beiden Bankeisen ragen über die Ebene der Bankplatte vor und spannt man zwischen dieselben durch entsprechenden Gebrauch der Hinterzange das Arbeitstück fest. Die Bankeisen müssen tiefer als die zu behobelnde Fläche des Arbeitstückes stehen, damit der Hobel nicht dagegen stößt.

Außer der Vorderzange und der Hinterzange wird in manchen Werkstätten noch ein federnder Haken (⌈⌒) zum Festhalten verwendet, indem er in vorhandene Löcher der Bankplatte eingetrieben, mit seinem Lappen das Arbeitstück hält.

Zum Festhalten längerer Bretter, welche an der schmalen Kante behobelt werden sollen, benützt man auch die Fugebänke. Zwischen zwei vertikalen Stützen, welche durch Querholz und Fuß verbunden sind, befestigt man das hochkantig eingestellte Brett an beiden Enden entweder durch Keile oder durch eine Schraube. Man benützt natürlich zwei Fugebänke und steift dieselben noch weiter gegenseitig durch ein Brett ab, welches mit Keilen angezogen wird.

Für das Rundschneiden von Werkzeugstielen u. dgl. findet die Schnitzbank als Mittel zum Festhalten Verwendung (Abb. 146).

Ein auf vier Füßen gestütztes Brett, das zu einem Reitsitz ausgeschnitten ist, trägt den Hebel *H*, welcher, mit dem Fuße gegen das Arbeitstück *A* gedrückt, dasselbe festhält, während es mit dem Reifmesser bearbeitet wird.

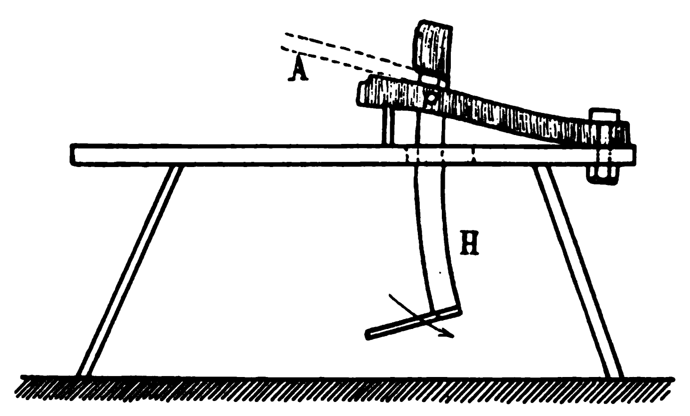


Abb. 146. Schnitzbank oder Hanslbank.

Zum Festklemmen geleimter Verbindungen bedient man sich der Leimzwingen und des Schraubknechtes (Abb. 147 und 148).

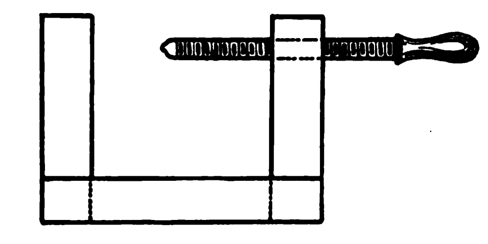


Abb. 147. Leimzwinge.



Abb. 148. Schraubknecht.

Um das beim Einspannen vieler verschieden dicker Gegenstände sehr zeitraubende Anziehen der Schraube zu ersparen, haben die Amerikaner eine Leimzwinge konstruiert, bei welcher die eigentliche Schraubenbewegung nur zum festen Anziehen gebraucht wird, während die grobe Einstellung durch Anschieben erfolgt. Abb. 149 zeigt die amerikanische Leimzwinge im Bilde und nebenstehend ist der Schnitt durch das Stängelchen *mn* und durch die kurze hohle Schraube *S* dargestellt. Die Stange *mn* kann in *S* verschoben werden, bis das Arbeitstück leicht berührt (gefaßt) ist; erfolgt nun die Drehung von *mn*, so treten die gezahnten Rippen in Eingriff mit entsprechenden Einschnitten in der Schraube *S*, diese ist nun mit *mn*

gleichsam ein Stück und beide bewegen sich je nach der Drehungsrichtung zum oder vom Werkstücke.

Die Einspannung erfolgt sehr rasch und kräftig und ist dieses Werkzeug als sehr praktisch zu bezeichnen.

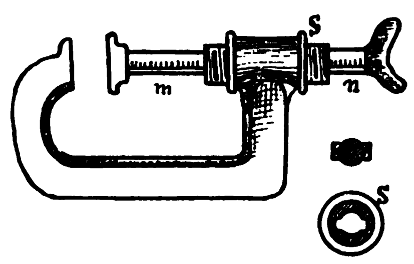




Abb. 149. Amerikanische Leimzwinge.

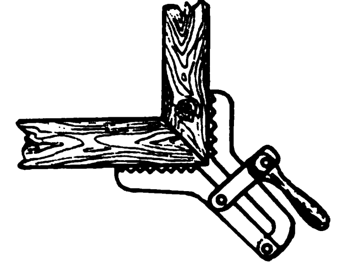


Abb. 150. Gehrungszwinge.

Die Gehrungszwinge (Abb. 150) wird zum Zusammenpressen geleimter Ecken, welche in Gehrung (45°) geschnitten sind, verwendet. Dieses Werkzeug, sowie die amerikanische Leimzwinge, besteht aus Weichguß (schmiedbarem Eisenguß).

3. Von den Mitteln zur Erwärmung.

Als Einleitung dieses Abschnittes, in welchem eine große Anzahl von solchen Öfen und technischen Feuerungsanlagen ihre Erwähnung finden, bei denen abweichend von den Kesselfeuerungen und Feuerungsanlagen im Haushalte zumeist vor allem die Erzielung einer möglichst hohen Temperatur angestrebt wird, seien einige theoretische Beziehungen in Kürze in Erinnerung gebracht.

Unter **Kalorie** oder **Wärmeeinheit** versteht man jene **Wärmemenge**, die erforderlich ist, um die Temperatur von 1 *kg* Wasser um 1° C zu erhöhen. Das Verhältnis jener Wärmemenge, welche der Gewichtseinheit einer andern Substanz zugeführt werden muß, um deren Temperatur um 1° C zu erhöhen, zur Wärmeeinheit, nennt man **Wärmekapazität** oder **spezifische Wärme** dieses Körpers.

Wenn man eine gewisse Anzahl von Körpern, seien sie fest, flüssig oder gasförmig, von derselben Anfangstemperatur zu derselben höheren Endtemperatur erwärmt, so kann man die aufgewendete, beziehungsweise zur Erhitzung verbrauchte Wärmemenge finden, indem man die Summe der Produkte aus den Gewichten (G) der Substanzen und ihrer Kapazitäten (c) mit der Maßzahl der Temperaturerhöhung multipliziert.

Es schreibt sich also:

$$W = (G_1 c_1 + G_2 c_2 + \dots G_n c_n)(t_x - t_1) \text{ oder } W = (t_x - t_1) \Sigma c G,$$

wobei für alle Körper sowohl die Anfangs- als Endtemperatur (t_1 respektive t_x) als übereinstimmend angenommen ist. Bei einer in einem Ofen praktisch durchgeführten Verbrennung werden sich in dem Raume Verbrennungsgase bilden und eine Temperatur annehmen, die von der des Ofens

im allgemeinen verschieden ist. Die Temperatur des Ofens (Wandungen) läßt sich direkt nicht ermitteln, ist auch, selbst im Beharrungszustande der Feuerung, in den einzelnen Schichten der Wandungen verschieden. Um aber dennoch rechnen zu können, nimmt man — vom Wandungsmateriale absehend — an, daß die infolge der Verbrennung entwickelte Wärme vollkommen in die Gase übergeht und keine anderweitige Ableitung stattfindet. Untersucht man die Verbrennungsgase auf dem Wege der Analyse, so erhält man das Mengenverhältnis der einzelnen Bestandteile (CO, CO_2, H_2O, N usw.). Kennt man die diesen einzelnen Substanzen zukommenden spezifischen Wärmen oder Kapazitäten, so läßt sich W nach der Formel $W = (t_x - t_1) \Sigma c G$ berechnen.

Denken wir uns in dieser Gleichung W gegeben — W ist in diesem Falle auch der Heizwert des Brennmaterials, d. h. jene Wärmemenge, welche das Brennmaterial bei seiner Verbrennung liefert — und sei auch die Summe $c G$ und t_1 bekannt, so ist t_x durch die Gleichung $t_x = \frac{W}{\Sigma c G} + t_1$ bestimmt.

Auf diesem Wege wird t_x als ein Grenzwert, jedenfalls zu groß, gefunden. Diese Rechnung liefert eine theoretische Verbrennungstemperatur, welche tatsächlich nie erreicht wird, weil auch das Ofenmaterial Wärme aufnimmt und transmittiert, aber sie gestattet doch, wie wir sehen werden, wertvolle Schlüsse.

Heizwerte			Spezifische Wärme	
Bei der Verbrennung von 1 *kg*				
C zu CO_2	8080	Kalorien	C	0·22
C „ CO	2473	„	H	3·409
CO „ CO_2	2403	„	H_2O (Dampf)	0·4805
H „ H_2O	34462	„	H_2O (Wasser)	1·0000
H „ Wasserdampf	29161	„	CO_2	0·2169
Si „ SiO_2	7830	„	CO	0·245
P „ P_2O_5	5760	„	O	0·2175
Fe „ FeO	1352	„	N	0·2438
Mn „ MnO	2000	„	Luft	0·2375
Fe „ Fe_2O_3	1796	„		

Die obenstehende Tabelle enthält die Heizwerte und die spezifischen Wärmen mehrerer sehr oft in Frage kommender Materialien. Da sich die spezifischen Wärmen von CO_2, CO, N, O und atmosphärischer Luft wenig unterscheiden, kann man die früher angeführte Formel praktischer gestalten, indem man die spezifische Wärme der Luft als mittleren Wert in die Rechnung stellt und die Größe t_1, die gewöhnlich bei 20° C liegt, vernachlässigt. Es schreibt sich dann die Formel: $t_x = \frac{W}{0·237 \; \Sigma G}$.

Diese Formel zeigt, da W für ein bestimmtes Brennmaterial bekannt und daher als konstante Größe zu betrachten ist, daß die Größe t_x von ΣG

abhängt. ΣG, die Summe der Verbrennungsgase, wird um so größer, je reichlicher der Luftzutritt war. Der Zusammenhang zwischen der Verbrennungstemperatur t_x und der zugeführten Luftmenge ist in folgender Abb. 151 für die Verbrennung von 1 *kg* Kohle mit verschiedenen Luftmengen graphisch nach Arzberger dargestellt.

Die Abszissen bedeuten die Luftmengen, die Ordinaten, die theoretischen Verbrennungstemperaturen $t_x = \frac{W}{0\cdot237\ \Sigma G}$. Die Luftmengen sind in Prozenten der zur vollkommenen Verbrennung theoretisch erforderlichen Luftmenge (diese gleich 100%) ausgedrückt. Um die Abbildung auf kleineren Raum zu bringen, ist dieselbe abgebrochen dargestellt, beziehungsweise es

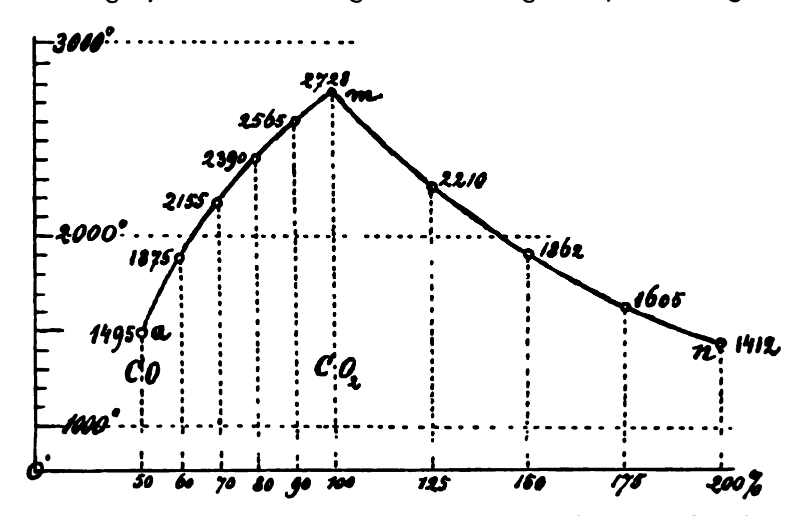


Abb. 151. Graphische Darstellung der Beziehung zwischen Luftmenge und Verbrennungstemperatur bei Verbrennung von Kohlenstoff.

sind die Ordinaten zwischen 0 und 1000° nicht in der vollen Länge gezeichnet, desgleichen die Abszissen von 0 bis 50% Luftmenge ebenfalls verkürzt. Der erste Teil der Kurve, von *a* bis *m*, zeigt das Anwachsen der Verbrennungstemperatur, bei der Verbrennung der Kohle nur zu Kohlenoxydgas (Punkt *a*), teilweise zu Kohlenoxydgas, teilweise zu Kohlensäure und endlich vollkommen zu Kohlensäure (Punkt *m*) mit der theoretisch als Minimum erforderlichen Luftmenge; der zweite Teil von *m* bis *n* stellt den ferneren Verlauf dar, bei welchem die Verbrennungstemperaturen für die Verbrennung zu Kohlensäure (CO_2) mit einem stetig wachsenden Luftüberschusse angegeben sind. Mit dieser Darstellung ist der wirkliche Vorgang nicht notwendig übereinstimmend. Es findet die Verbrennung nicht immer so statt, wie sie nach der Menge des mit der Luft zugeführten Sauerstoffes erfolgen könnte; denn es gelangt durchaus nicht immer der ganze in der zugeführten Luft enthaltene Sauerstoff zur Wirkung.

Wenn wir z. B. 1 *kg* Kohlenoxydgas (CO) mit so viel atmosphärischer Luft gemengt, als zur vollständigen Verbrennung zu CO_2 hinreichen würde,

zur Verbrennung bringen, so kann es doch tatsächlich geschehen, daß nur $^1/_3$ oder $^1/_2$ der CO-Menge wirklich zu CO_2 verbrennt. Die entwickelte Wärmemenge W ist dann nur $^1/_3$ oder $^1/_2$ der möglichen und die Verbrennungstemperatur $t_x = \frac{W}{0{\cdot}273\ \Sigma G}$ wird dann auch nur $^1/_3$ oder $^1/_2$ des rechnungsmäßigen Wertes betragen.

Aber die graphische Darstellung zeigt uns doch, daß wir höhere Verbrennungstemperaturen selbst bei unvollkommener Verbrennung leichter erlangen, wenn wir mit geringen Luftmengen die Verbrennung durchführen.

Bringt man Leuchtgas in dem bekannten Bunsenbrenner, bei welchem sich der Luftzutritt leicht regeln läßt, zur Verbrennung, so zeigt die Erfahrung, daß man eine höhere Flammentemperatur dann erhält, wenn die Flamme schwach leuchtende Säume aufweist. In diesem Falle ist, wegen der geringeren Luftmenge, die Verbrennung nicht so vollkommen, als wenn die Flamme schwach bläulich erscheint, aber ΣG ist kleiner, daher trotz der etwas geringeren Wärmeentwicklung W_1 doch $t_x = \frac{W_1}{0{\cdot}237\ \Sigma G}$ größer.

Im Perrotschen Gasofen bringt man Kupfer, Silber, Gold nur dann zum Schmelzen, wenn dieser Umstand, welcher in Abb. 151 seine bildliche Darstellung fand, berücksichtigt wird.

Die vorhin hervorgehobene Tatsache, daß brennbare Gase, mit Sauerstoff oder Luft gemengt, nicht nach Maßgabe der chemischen Möglichkeit verbrennen, sondern daß wirklich nur eine teilweise Verbrennung erzielt wird, bezeichnet man mit dem Worte Dissoziation. Sie ist die Hauptursache, daß man stets weit niedrigere Verbrennungstemperaturen erhält, als die rechnungsmäßig möglichen. Die diesbezüglich vorliegenden Versuche, welche mit Wasserstoff, Kohlenoxyd und Sauerstoff durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß man etwa $^1/_3$ der brennbaren Substanzen wirklich verbrennt. Würde man Wasserstoff mit Sauerstoff so zur Verbrennung bringen können, daß die ganze Quantität Wasserstoff mit der zur Verbrennung genau hinreichenden Menge Sauerstoff wirklich in Verbindung tritt, so ergäbe dies nach der Rechnung eine Verbrennungstemperatur von 6700°.

Wir wollen nun von der vorstehenden Tabelle der Heizwerte (Wärmeeffekte) und der spezifischen Wärmen einige Anwendungen machen.

Verbrennen wir in einem Generator Kohle zu Kohlenoxydgas, so werden pro 1 *kg* Kohle 2473 W. E. entwickelt. Diese Wärme geht größtenteils verloren, zumal bei langer Gasleitung, in welcher sich die Gase abkühlen. Aus 1 *kg* C werden $2^1/_3$ *kg* CO gebildet. 1 *kg* CO liefert zu Kohlensäure verbrannt 2403 W. E., demnach $2^1/_3$ *kg*, die Wärmemenge von $2^1/_3 \times 2403$, d. i. 5607. Wir sind mithin in der Lage, bei der Anwendung von Generatoren, bei welchen die Verbrennung auf Kohlenoxydgas geführt ist, pro 1 *kg* verbrannten Kohlenstoffes 5607 W. E. dann nutzbar zu machen, wenn das Kohlenoxydgas vollkommen im Ofen zu CO_2 verbrennt. Die höchste (theoretisch erzielbare) Verbrennungstemperatur wird sein

$$t_x = \frac{5607}{0{\cdot}237\ (1 + 2{\cdot}\dot{6} + 8{\cdot}76)} = \frac{5607}{2{\cdot}94} = 1907,$$

denn ΣG setzt sich zusammen aus der gebildeten Kohlensäure $(1 + 2{\cdot}\dot{6})$ und dem Stickstoffe der Verbrennungsluft $2{\cdot}\dot{6} \cdot \frac{766}{233} = 8{\cdot}76$. (Atmosphärische Luft besteht aus 766 Gewichtsteilen Stickstoff und 233 Teilen Sauerstoff.)[1] Infolge der Dissoziation erhält man aber nie die hohe Verbrennungstemperatur von 1900° C unmittelbar. Durch die bedeutende Vorerhitzung von Kohlenoxyd und Luft im Siemensregenerator (s. S. 189) wird es jedoch möglich, so hohe Temperaturen zu erhalten, denn der Summand t_1 in der Gleichung $t_x = t_1 + \frac{W}{\Sigma c G}$ erhält einen solchen Wert, daß die gewünschte, für das Stahl- und Glasschmelzen erforderliche Temperatur erzielt wird.

Ein anderes Beispiel ist folgendes:

Beim Bessemerprozesse werde ein Roheisen mit 3% Si und 4% C verarbeitet. Fragen wir, welche Wärmemenge wird dem Bade durch die Verbrennung dieser Materialien zugeführt? — Silizium wird zu Kieselsäure (SO_2) verbrannt, Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas (CO).

1 *kg* Si liefert nach der Tabelle 7830 W. E., 3 *kg* demnach 23.490 W. E. Abgeführt wird jene Wärmemenge, welche der erwärmte Stickstoff der zugeführten (eingepreßten) Luft aufnimmt und wegführt.

Die Atomgewichte von Si und O sind 28 und 16, demnach erfordert 1 *kg* Si zur Verbrennung zu SiO_2 $\frac{2 \times 16}{28} = 1^1/_7$ *kg* Sauerstoff; die Stickstoffmenge beträgt demnach $\frac{766}{233} \times 1^1/_7\ kg = 3{\cdot}75\ kg$, beziehungsweise für 3 *kg* Si $3 \times 3{\cdot}75 = 11{\cdot}25\ kg$.

---

[1] 1 *kg* Kohlenstoff wurde zu Kohlenoxydgas, hierauf zu Kohlensäure verbrannt. In bezug auf die im Minimum erforderliche Gesamtluftmenge kann man den Prozeß schrittweise oder nur in Hinblick auf das Endergebnis betrachten, am Resultate ändert dies nichts.

Die Atomgewichte für C, 12 und für O, 16 geben das Gewichtsverhältnis des erforderlichen Sauerstoffes für 1 *kg* Kohle zu CO verbrannt mit $\frac{16}{12} = 1{\cdot}\dot{3}$; zu CO_2 verbrannt zu $\frac{32}{12} = 2{\cdot}\dot{6}$. Die auf ein Gewichtsteil Sauerstoff in der Atmosphäre enthaltene Stickstoffmenge beträgt $\frac{766}{233}$ Gewichtsteile.

1 *kg* C im Minimum von Luft zu CO verbrannt, liefert $1 + 1{\cdot}\dot{3} + 1{\cdot}\dot{3}\ \frac{766}{233}$ *kg* Verbrennungsgase. Diese Gase weiter verbrannt zu CO_2, liefern $1 + 1{\cdot}\dot{3} + 1{\cdot}\dot{3} + 2 \times 1{\cdot}\dot{3}\ \frac{766}{233}$ *kg* Verbrennungsgase.

1 *kg* *C* unmittelbar zu CO_2 verbrannt, liefert $1 + 2{\cdot}\dot{6} + 2{\cdot}\dot{6}\ \frac{766}{233}$ *kg* Verbrennungsgase, welche Werte einander naturgemäß gleich sind.

Werde diese Stickstoffmenge zur Temperatur des Bades, etwa 1600° C, erhitzt, so wird eine Wärmemenge von

$$0{\cdot}2438 \times 11{\cdot}25 \times 1600 = 4388 \text{ W. E.}$$

erforderlich und diese wird abgeführt. Dem Bade verbleiben demnach

$$23.490 - 4388 = 19.102 \text{ W. E. pro } 100\ kg,$$

somit für 1 *kg* der flüssigen Masse 191 W. E. und nachdem die spezifische Wärme des Stahles mit 0·1185 angegeben wird, bedingt diese Wärmezufuhr eine Temperaturerhöhung des Bades um etwa 1590° C. Wenn auch die Rechnung viele Wärmeverluste unberücksichtigt läßt und zudem die spezifische Wärme des Stahles in den hohen Temperaturen nicht genau bestimmt ist, so zeigt die Rechnung doch, daß das verbrennende Silizium dem Bade eine bedeutende Wärmemenge zuführt.

Für den Kohlenstoff stellt sich die Rechnung wesentlich anders, weil nicht nur N, sondern auch CO aus dem Bade entweicht, daher Wärme mitnimmt. Die 2473 W. E. pro 1 *kg* C bleiben nicht im Bade, sondern es werden davon

$$(2^1/_3 \,.\, 0{\cdot}245 + 1^1/_3 \frac{766}{233} \,.\, 0{\cdot}2438)\ 1600 = 2700 \text{ W. E.}$$

abgeführt, es müßte mithin das Bad über 200 W. E. abgeben und würde erstarren, statt dünnflüssiger zu werden, falls nur der Kohlenstoff oxydiert würde. Beim Bessemerprozesse ist es das Silizium, welches durch seine Wärmeabgabe den Prozeß möglich macht, denn pro 1 *kg* verbrennendes Si werden dem Bad etwa 6500 W. E. zugeführt; beim Thomasprozesse ist es der Phosphor, welcher pro 1 *kg* bei 4200 W. E. an das Bad abgibt.

Temperaturbestimmung.

Die Bestimmung von Temperaturen bis 550° C kann mittels jener Quecksilberthermometer erfolgen, deren Erzeugung von der physikalischen Reichsanstalt in Berlin ausging.

Diese Thermometer besitzen eine oben erweiterte Thermometerröhre und diese Erweiterung ist mit Kohlensäure von 20 Atmosphären Spannung gefüllt, um das Sieden des Quecksilbers zu verhindern.

Zu einer ganz beiläufigen Temperaturbestimmung glühender Körper kann die Helligkeit der Glüherscheinung herangezogen werden. Man unterscheidet nach Schinz:

dunkle Rotglühhitze . . . . bei 525° C,
dunkelrot Glühhitze . . . . bei 700° C,
dunkel kirschrot . . . . bei 800° C,
kirschrot . . . . bei 900° C,
hell kirschrot . . . . bei 1000° C,
dunkel orange . . . . bei 1100° C,
hell orange . . . . bei 1200° C,
weißgelb . . . . bei 1300° C,
blendend weiß . . . . bei 1500° C.

Zur Bestimmung von Temperaturen über 550° C werden Pyrometer angewendet.

Trotz der vielen Pyrometersysteme,[1]) welche in Anwendung gelangten, bietet das Messen sehr hoher Temperaturen doch einige praktische Schwierigkeiten. Für den Gebrauch der Praxis sind verwendbar: 1. Legierungen bekannter Schmelzpunkte; 2. das kalorimetrische Verfahren; 3. das neue Pyrometer der Physikalisch-technischen Reichsanstalt; 4. das optische Pyrometer.

Bezüglich der Anwendung der Legierungen zu Temperaturbestimmungen ist zu bemerken, daß die Schmelzpunkte genügend vieler Legierungen bekannt sind, um Temperaturen von 100 bis 1200° mit ziemlicher Genauigkeit dadurch bestimmen zu können, daß man Plättchen der Legierungen in den Raum einführt, dessen Temperatur zu bestimmen ist. Es muß die Temperatur des Raumes, in welcher eine Legierung zum Schmelzen kommt, jedenfalls über dem Schmelzpunkte der Legierung liegen, welche darin schmilzt. Weil man aus dem Grade der Glühhitze auch die Temperatur des Raumes roh schätzen kann, so brauchte man nicht so sehr viele Legierungen, um in einem konkreten Falle die Temperatur mit hinreichender Genauigkeit bestimmen zu können. Legierungen mit genau bestimmten Schmelzpunkten in Form dünner Bleche liefert die Gold- und Silberscheideanstalt vormals Rößler in Frankfurt a. M.

Das kalorimetrische Verfahren der Temperaturbestimmung beruht darauf, einen Körper bestimmter Wärmekapazität (Platin, Kupfer) und bestimmten Gewichtes so lange in dem Raume zu belassen, dessen Temperatur t_x ermittelt werden soll, bis er die Temperatur desselben angenommen hat, und ihn hierauf in einem bestimmten Wassergewichte abzukühlen. Das Wasser wird dieselbe Wärmemenge aufgenommen haben, welche der Körper abgab. Das Gewicht des Probekörpers sei G_1, seine Temperatur t_x, das Wassergewicht G_2, seine Anfangstemperatur t_o, die Endtemperatur desselben t_1, so ist die vom Probekörper abgegebene Wärmemenge ausgedrückt durch $c\,G_1(t_x - t_1)$, die vom Wasser aufgenommene Wärmemenge durch $G_2(t_1 - t_o)$, und diese beiden müßten einander gleich sein, wenn nicht auch das Wassergefäß eine gewisse, von der Höhe von t_1 abhängige Wärmemenge aufnehmen würde, welche mit W_1 bezeichnet werden möge. Es wird demnach

$$c\,G_1\,(t_x - t_1) = G_2\,(t_1 - t_o) + W_1$$

$$t_x = \frac{G_2}{c\,G_1}(t_1 - t_o) + \frac{W_1}{c\,G_1} + t_1.$$

Der Summand $\frac{W_1}{c\,G_1}$ ist ein variables, d. h. von t_1 und von der Beschaffenheit des Gefäßes abhängiges Glied, welches durch entsprechende Versuche mit dem Apparate bei bekannten Werten von t_1 ermittelt wird.

[1]) Siehe Dr. Karl Barus: Die Messung hoher Temperaturen. Leipzig 1892.

Friedrich Siemens hat diese Kalorimeter für Bestimmungen der Temperatur der Gebläseluft der Hochöfen und zu ähnlichen Zwecken mit sehr gutem Erfolge eingeführt und seinen Kalorimetern auch eine Tabelle für das Korrektionsglied $\frac{W_1}{c\,G_1}$ beigegeben, durch welche der Gebrauch wesentlich erleichtert wird.

Das Pyrometer nach Le Chatelier, welches nach den Angaben der Physikalisch-technischen Reichsanstalt in Berlin von W. C. Heraeus in Hanau hergestellt wird und zum Messen von Temperaturen zwischen 0 bis 1600° C Anwendung finden kann, hat sich seit 1895 vielfach eingeführt und vollkommen bewährt.

Dieses elektrische Pyrometer ist aus zwei Drähten gebildet, von welchen der eine aus reinem Platin, der zweite aus einer Legierung von 90 Teilen Platin und 10 Teilen Rhodium besteht. Diese beiden Drähte sind an einem Ende zu einer kleinen Kugel zusammengeschmolzen und bilden so ein Thermoelement. Wird die kleine Kugel, die sogenannte Lötstelle, erhitzt, so entsteht ein schwacher elektrischer Strom, dessen Intensität in einem bestimmten Verhältnisse zur Temperatur steht, und dieses Verhältnis wird durch Vergleichung mit dem Luftthermometer der Physikalischen Reichsanstalt bestimmt und sind die diesbezüglichen Vergleichszahlen in einer dem Pyrometer beigegebenen Tabelle zusammengestellt. Die beiden freien Drahtenden werden mit einem entsprechenden Galvanometer verbunden, welches einerseits die Stärke des Stromes abzulesen gestattet, anderseits aber auch unmittelbar die an der Lötstelle herrschende Temperatur, so daß die Benützung der Tabelle nicht notwendig ist. Das Galvanometer kann in irgendwelchem Nebenraume (Bureau usw.) aufgestellt sein und wird durch gewöhnliche Leitungsdrähte mit dem Pyrometer verbunden, doch so, daß der Widerstand im Stromkreise 1 Ohm nicht übersteigt. Das etwa 1 *mm* starke Kügelchen, die Lötstelle, ist an jene Stelle zu bringen, deren Temperatur gemessen werden soll. Um einer Zerstörung der Elementdrähte (Bildung von Kohlenplatin) vorzubeugen, sind dieselben um die Lötstelle herum und auf entsprechende Länge in einem einseitig geschlossenen Porzellanröhrchen montiert und sind die beiden Drähte überdies durch ein engeres, beiderseits offenes Porzellanröhrchen voneinander isoliert. Hierzu ist ein Porzellan gewählt, welches 1600° C ohne Nachteil aushält.

Das optische Pyrometer von Wanner läßt sehr hohe Temperaturen, über 1000° C, auf Grund der Lichtintensität bestimmen.

Öfen für technologische Zwecke.

Der Mannigfaltigkeit des Zweckes entsprechend, sind diese Öfen außerordentlich verschieden und es ist schwierig, sie übersichtlich zu ordnen. Es kann die nachfolgende Einteilung nur als Versuch gelten, in die Mannigfaltigkeit einige Übersichtlichkeit zu bringen.

Unter einem Feuer oder Herde versteht man jene Feuerungsanlage, bei welcher in einer Grube, häufig von parallelopipedischer Form, Holzkohle,

$$t_x = \frac{5607}{0{\cdot}237\,(1 + 2{\cdot}\dot{6} + 8{\cdot}76)} = \frac{5607}{2{\cdot}94} = 1907,$$

denn ΣG setzt sich zusammen aus der gebildeten Kohlensäure $(1 + 2{\cdot}\dot{6})$ und dem Stickstoffe der Verbrennungsluft $2{\cdot}\dot{6} \cdot \frac{766}{233} = 8{\cdot}76$. (Atmosphärische Luft besteht aus 766 Gewichtsteilen Stickstoff und 233 Teilen Sauerstoff.)[1]) Infolge der Dissoziation erhält man aber nie die hohe Verbrennungstemperatur von 1900° C unmittelbar. Durch die bedeutende Vorerhitzung von Kohlenoxyd und Luft im Siemensregenerator (s. S. 189) wird es jedoch möglich, so hohe Temperaturen zu erhalten, denn der Summand t_1 in der Gleichung $t_x = t_1 + \frac{W}{\Sigma c G}$ erhält einen solchen Wert, daß die gewünschte, für das Stahl- und Glasschmelzen erforderliche Temperatur erzielt wird.

Ein anderes Beispiel ist folgendes:

Beim Bessemerprozesse werde ein Roheisen mit 3% Si und 4% C verarbeitet. Fragen wir, welche Wärmemenge wird dem Bade durch die Verbrennung dieser Materialien zugeführt? — Silizium wird zu Kieselsäure (SO_2) verbrannt, Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas (CO).

1 *kg* Si liefert nach der Tabelle 7830 W. E., 3 *kg* demnach 23.490 W. E. Abgeführt wird jene Wärmemenge, welche der erwärmte Stickstoff der zugeführten (eingepreßten) Luft aufnimmt und wegführt.

Die Atomgewichte von Si und O sind 28 und 16, demnach erfordert 1 *kg* Si zur Verbrennung zu SiO_2 $\frac{2 \times 16}{28} = 1^1/_7$ *kg* Sauerstoff; die Stickstoffmenge beträgt demnach $\frac{766}{233} \times 1^1/_7\,kg = 3{\cdot}75\,kg$, beziehungsweise für 3 *kg* Si $3 \times 3{\cdot}75 = 11{\cdot}25\,kg$.

---

[1]) 1 *kg* Kohlenstoff wurde zu Kohlenoxydgas, hierauf zu Kohlensäure verbrannt. In bezug auf die im Minimum erforderliche Gesamtluftmenge kann man den Prozeß schrittweise oder nur in Hinblick auf das Endergebnis betrachten, am Resultate ändert dies nichts.

Die Atomgewichte für C, 12 und für O, 16 geben das Gewichtsverhältnis des erforderlichen Sauerstoffes für 1 *kg* Kohle zu CO verbrannt mit $\frac{16}{12} = 1{\cdot}\dot{3}$; zu CO_2 verbrannt zu $\frac{32}{12} = 2{\cdot}\dot{6}$. Die auf ein Gewichtsteil Sauerstoff in der Atmosphäre enthaltene Stickstoffmenge beträgt $\frac{766}{233}$ Gewichtsteile.

1 *kg* C im Minimum von Luft zu CO verbrannt, liefert $1 + 1{\cdot}\dot{3} + 1{\cdot}\dot{3}\,\frac{766}{233}\,kg$ Verbrennungsgase. Diese Gase weiter verbrannt zu CO_2, liefern $1 + 1{\cdot}\dot{3} + 1{\cdot}\dot{3} + 2 \times 1{\cdot}\dot{3}\,\frac{766}{233}\,kg$ Verbrennungsgase.

1 *kg* *C* unmittelbar zu CO_2 verbrannt, liefert $1 + 2{\cdot}\dot{6} + 2{\cdot}\dot{6}\,\frac{766}{233}\,kg$ Verbrennungsgase, welche Werte einander naturgemäß gleich sind.

Werde diese Stickstoffmenge zur Temperatur des Bades, etwa 1600° C, erhitzt, so wird eine Wärmemenge von

$$0{\cdot}2438 \times 11{\cdot}25 \times 1600 = 4388 \text{ W. E.}$$

erforderlich und diese wird abgeführt. Dem Bade verbleiben demnach

$$23.490 - 4388 = 19.102 \text{ W. E. pro } 100\ kg,$$

somit für 1 *kg* der flüssigen Masse 191 W. E. und nachdem die spezifische Wärme des Stahles mit 0·1185 angegeben wird, bedingt diese Wärmezufuhr eine Temperaturerhöhung des Bades um etwa 1590° C. Wenn auch die Rechnung viele Wärmeverluste unberücksichtigt läßt und zudem die spezifische Wärme des Stahles in den hohen Temperaturen nicht genau bestimmt ist, so zeigt die Rechnung doch, daß das verbrennende Silizium dem Bade eine bedeutende Wärmemenge zuführt.

Für den Kohlenstoff stellt sich die Rechnung wesentlich anders, weil nicht nur N, sondern auch CO aus dem Bade entweicht, daher Wärme mitnimmt. Die 2473 W. E. pro 1 *kg* C bleiben nicht im Bade, sondern es werden davon

$$(2^1/_3 \,.\, 0{\cdot}245 + 1^1/_3 \,\frac{766}{233} \,.\, 0{\cdot}2438)\ 1600 = 2700 \text{ W. E.}$$

abgeführt, es müßte mithin das Bad über 200 W. E. abgeben und würde erstarren, statt dünnflüssiger zu werden, falls nur der Kohlenstoff oxydiert würde. Beim Bessemerprozesse ist es das Silizium, welches durch seine Wärmeabgabe den Prozeß möglich macht, denn pro 1 *kg* verbrennendes Si werden dem Bad etwa 6500 W. E. zugeführt; beim Thomasprozesse ist es der Phosphor, welcher pro 1 *kg* bei 4200 W. E. an das Bad abgibt.

Temperaturbestimmung.

Die Bestimmung von Temperaturen bis 550° C kann mittels jener Quecksilberthermometer erfolgen, deren Erzeugung von der physikalischen Reichsanstalt in Berlin ausging.

Diese Thermometer besitzen eine oben erweiterte Thermometerröhre und diese Erweiterung ist mit Kohlensäure von 20 Atmosphären Spannung gefüllt, um das Sieden des Quecksilbers zu verhindern.

Zu einer ganz beiläufigen Temperaturbestimmung glühender Körper kann die Helligkeit der Glüherscheinung herangezogen werden. Man unterscheidet nach Schinz:

dunkle Rotglühhitze	bei 525° C,
dunkelrot Glühhitze	bei 700° C,
dunkel kirschrot	bei 800° C,
kirschrot	bei 900° C,
hell kirschrot	bei 1000° C,
dunkel orange	bei 1100° C,
hell orange	bei 1200° C,
weißgelb	bei 1300° C,
blendend weiß	bei 1500° C.

$$t_x = \frac{5607}{0{\cdot}237\ (1 + 2{\cdot}\dot{6} + 8{\cdot}76)} = \frac{5607}{2{\cdot}94} = 1907,$$

denn ΣG setzt sich zusammen aus der gebildeten Kohlensäure $(1 + 2{\cdot}\dot{6})$ und dem Stickstoffe der Verbrennungsluft $2{\cdot}\dot{6}\ .\ \frac{766}{233} = 8{\cdot}76$. (Atmosphärische Luft besteht aus 766 Gewichtsteilen Stickstoff und 233 Teilen Sauerstoff.)[1]) Infolge der Dissoziation erhält man aber nie die hohe Verbrennungstemperatur von 1900° C unmittelbar. Durch die bedeutende Vorerhitzung von Kohlenoxyd und Luft im Siemensregenerator (s. S. 189) wird es jedoch möglich, so hohe Temperaturen zu erhalten, denn der Summand t_1 in der Gleichung $t_x = t_1 + \frac{W}{\Sigma c G}$ erhält einen solchen Wert, daß die gewünschte, für das Stahl- und Glasschmelzen erforderliche Temperatur erzielt wird.

Ein anderes Beispiel ist folgendes:

Beim Bessemerprozesse werde ein Roheisen mit 3% Si und 4% C verarbeitet. Fragen wir, welche Wärmemenge wird dem Bade durch die Verbrennung dieser Materialien zugeführt? — Silizium wird zu Kieselsäure (SO_2) verbrannt, Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas (CO).

1 *kg* Si liefert nach der Tabelle 7830 W. E., 3 *kg* demnach 23.490 W. E. Abgeführt wird jene Wärmemenge, welche der erwärmte Stickstoff der zugeführten (eingepreßten) Luft aufnimmt und wegführt.

Die Atomgewichte von Si und O sind 28 und 16, demnach erfordert 1 *kg* Si zur Verbrennung zu SiO_2 $\frac{2 \times 16}{28} = 1^1/_7\ kg$ Sauerstoff; die Stickstoffmenge beträgt demnach $\frac{766}{233} \times 1^1/_7\ kg = 3{\cdot}75\ kg$, beziehungsweise für 3 *kg* Si $3 \times 3{\cdot}75 = 11{\cdot}25\ kg$.

---

[1]) 1 *kg* Kohlenstoff wurde zu Kohlenoxydgas, hierauf zu Kohlensäure verbrannt. In bezug auf die im Minimum erforderliche Gesamtluftmenge kann man den Prozeß schrittweise oder nur in Hinblick auf das Endergebnis betrachten, am Resultate ändert dies nichts.

Die Atomgewichte für C, 12 und für O, 16 geben das Gewichtsverhältnis des erforderlichen Sauerstoffes für 1 *kg* Kohle zu CO verbrannt mit $\frac{16}{12} = 1{\cdot}\dot{3}$; zu CO_2 verbrannt zu $\frac{32}{12} = 2{\cdot}\dot{6}$. Die auf ein Gewichtsteil Sauerstoff in der Atmosphäre enthaltene Stickstoffmenge beträgt $\frac{766}{233}$ Gewichtsteile.

1 *kg* C im Minimum von Luft zu CO verbrannt, liefert $1 + 1{\cdot}\dot{3} + 1{\cdot}\dot{3}\ \frac{766}{233}\ kg$ Verbrennungsgase. Diese Gase weiter verbrannt zu CO_2, liefern $1 + 1{\cdot}\dot{3} + 1{\cdot}\dot{3} + 2 \times 1{\cdot}\dot{3}\ \frac{766}{233}\ kg$ Verbrennungsgase.

1 *kg* *C* unmittelbar zu CO_2 verbrannt, liefert $1 + 2{\cdot}\dot{6} + 2{\cdot}\dot{6}\ \frac{766}{233}\ kg$ Verbrennungsgase, welche Werte einander naturgemäß gleich sind.

Werde diese Stickstoffmenge zur Temperatur des Bades, etwa 1600° C, erhitzt, so wird eine Wärmemenge von

$$0 \cdot 2438 \times 11 \cdot 25 \times 1600 = 4388 \text{ W. E.}$$

erforderlich und diese wird abgeführt. Dem Bade verbleiben demnach

$$23.490 - 4388 = 19.102 \text{ W. E. pro } 100 \, kg,$$

somit für 1 *kg* der flüssigen Masse 191 W. E. und nachdem die spezifische Wärme des Stahles mit 0·1185 angegeben wird, bedingt diese Wärmezufuhr eine Temperaturerhöhung des Bades um etwa 1590° C. Wenn auch die Rechnung viele Wärmeverluste unberücksichtigt läßt und zudem die spezifische Wärme des Stahles in den hohen Temperaturen nicht genau bestimmt ist, so zeigt die Rechnung doch, daß das verbrennende Silizium dem Bade eine bedeutende Wärmemenge zuführt.

Für den Kohlenstoff stellt sich die Rechnung wesentlich anders, weil nicht nur N, sondern auch CO aus dem Bade entweicht, daher Wärme mitnimmt. Die 2473 W. E. pro 1 *kg* C bleiben nicht im Bade, sondern es werden davon

$$(2^1/_3 \, . \, 0 \cdot 245 + 1^1/_3 \, \frac{766}{233} \, . \, 0 \cdot 2438) \; 1600 = 2700 \text{ W. E.}$$

abgeführt, es müßte mithin das Bad über 200 W. E. abgeben und würde erstarren, statt dünnflüssiger zu werden, falls nur der Kohlenstoff oxydiert würde. Beim Bessemerprozesse ist es das Silizium, welches durch seine Wärmeabgabe den Prozeß möglich macht, denn pro 1 *kg* verbrennendes Si werden dem Bad etwa 6500 W. E. zugeführt; beim Thomasprozesse ist es der Phosphor, welcher pro 1 *kg* bei 4200 W. E. an das Bad abgibt.

Temperaturbestimmung.

Die Bestimmung von Temperaturen bis 550° C kann mittels jener Quecksilberthermometer erfolgen, deren Erzeugung von der physikalischen Reichsanstalt in Berlin ausging.

Diese Thermometer besitzen eine oben erweiterte Thermometerröhre und diese Erweiterung ist mit Kohlensäure von 20 Atmosphären Spannung gefüllt, um das Sieden des Quecksilbers zu verhindern.

Zu einer ganz beiläufigen Temperaturbestimmung glühender Körper kann die Helligkeit der Glüherscheinung herangezogen werden. Man unterscheidet nach Schinz:

dunkle Rotglühhitze	bei 525° C,
dunkelrot Glühhitze	bei 700° C,
dunkel kirschrot	bei 800° C,
kirschrot	bei 900° C,
hell kirschrot	bei 1000° C,
dunkel orange	bei 1100° C,
hell orange	bei 1200° C,
weißgelb	bei 1300° C,
blendend weiß	bei 1500° C.

Gasöfen sind solche Öfen, in welchen Leuchtgas mit Luft gemengt zur Verbrennung gelangt. Bei den Perrot'schen Gasöfen, gleichviel ob Tiegelschmelzöfen (s. Gießerei) oder Muffenöfen, wird in einem System entsprechend geformter Bunsen'scher Brenner Gas und Luft gemengt. Die Flammen umspielen zuerst den zu erhitzenden Tiegel oder die Muffe und streichen hierauf in umgekehrter Richtung zwischen einer Schamottewand und dem äußeren Mantel hin. Durch diese Zirkulation wird die Temperatur im eigentlichen Verbrennungsraume erhöht und kann trotz der kompendiösen Ofenform im Tiegelofen bis 1200° C, im Muffenofen auf 900° C gebracht werden.

Knallgasöfen sind sehr kleine, aus einem Klotze gebrannten Kalkes, eines sehr schlechten Wärmeleiters, gebildete Öfen, in welchen die Düse für das Knallgas (oder die Doppeldüse für Sauerstoff und Wasserstoff) an der Decke einmündet, während seitlich ein Abzugsrohr für die Verbrennungsprodukte sich findet. In solchen Öfen wird Platin geschmolzen (s. Gießerei), kann Silber destilliert werden, kurz man erreicht so die höchsten erzielbaren Temperaturen.

Elektrische Schmelzöfen. In neuester Zeit werden auch elektrische Schmelzöfen zur Schmelzung strengflüssiger Metalle und zur Schmelzung von Stahlhärtebädern angewendet, und liegt der Vorteil in der raschen Schmelzung kleiner Mengen. Ihre Verwendbarkeit ist an die Möglichkeit des Anschlusses an eine entsprechend kräftige Stromquelle geknüpft. Die Konstruktion des Ofens ist meist sehr einfach; in den Ofenboden ist die eine Elektrode eingesetzt, während die zweite durch die Deckplatte geführt und vertikal verstellbar angeordnet sein kann. Die Schmelzung erfolgt nicht selten im elektrischen Lichtbogen.

Bei den vorstehend besprochenen Feuerungsanlagen handelt es sich zumeist um die Hervorbringung sehr hoher Temperaturen und ist die Erzielung derselben oft geradezu die erste Aufgabe, vor welcher die wünschenswerte tunlichste Verwertung der bei der Verbrennung entwickelten Wärmemenge (Kalorien) in zweite Linie tritt. Soll in einem Raume eine Temperatur t herrschen, so können die Verbrennungsprodukte diesen Raum unmöglich mit einer niedrigeren Temperatur verlassen. Die in den abgehenden heißen Verbrennungsprodukten enthaltene Wärme kann noch zu Zwecken des Vorwärmens von Material, der Erhitzung der Verbrennungsluft und Gase (Regenerativsystem), zur Dampferzeugung usw. benützt werden; von diesen Verwendungen, welche die Feuerungsanlage stets komplizierter machen aber abgesehen, muß so viel Wärme verloren gehen, als in den abziehenden Verbrennungsgasen von der Temperatur t enthalten ist.

Bezeichnet man mit T die Temperatur, welche durch die Verbrennung selbst erlangt wird und welche im Verbrennungsraume herrscht, so kann im Ofen nur die Differenz $T—t$ abgegeben werden. Das Maximum der möglicherweise nutzbar gemachten Wärme, von Verlusten durch Strahlung, Leitung und Erwärmung der Ofenwände abgesehen, kann daher durch den

Quotienten $\frac{T-t}{T}$ ausgedrückt werden.[1]) Ist die Verbrennungstemperatur $T = 1600^\circ$, $t = 1500^\circ$ (z. B. im Schweißofen), so wird $\frac{T-t}{T} = \frac{1}{16} \doteq 0{\cdot}062$ und es ist, so lange wir nicht den Wert von T steigern können, nicht möglich, einen günstigeren Nutzeffekt im Schweißofen zu erzielen. Unter diesen Umständen wäre also 0·062 die theoretische Maximalleistung eines Flammofens, bei welchem die Verbrennungstemperatur 1600° und die im Ofen geforderte Temperatur 1500° C beträgt. Nach diesem Ergebnisse nimmt es nicht mehr wunder, wenn in solchen Feuerungsanlagen der Nutzeffekt tatsächlich 0·02 bis 0·05 beträgt. Wenn sich im Kupolofen der Nutzeffekt auf 0·2 bis 0·3 erhebt, obwohl zum Schmelzen des Gießereieisens auch 1200° bis 1400° erforderlich sind, so hat dies seinen Grund wesentlich darin, daß die heißen Gase beim Durchströmen durch die höheren Schichten das aufgegebene Eisen und die Koks erhitzen, dadurch Wärme in nützlicher Weise abgeben, ohne die Temperatur im Schmelzraume herabzuziehen.

Für alle jene Feuerungsanlagen, bei welchen das Brennmaterial mit den zu erhitzenden Körpern nicht in Berührung tritt und mit hohen Temperaturen gearbeitet werden muß, läßt sich ein besserer Wirkungsgrad nur durch Hebung der Verbrennungstemperatur erlangen, und es hat daher die Betrachtung der überhaupt erzielbaren Verbrennungstemperaturen eine wesentliche praktische Bedeutung.

Nach dem bereits auf S. 160 Gesagten wird es zur Erreichung möglichst hoher Temperatur im Verbrennungsraume in der Regel geboten sein, die Verbrennung etwas unvollkommen zu halten, was durch entsprechende Höhe der Brennstoffschicht unter Beobachtung der Flamme auch meistens leicht zu erreichen ist. Auch bei den Gasöfen von Perrot erreicht man den höchsten Hitzegrad dann, wenn die Luftschieber an den Brennern so gestellt werden, daß die Flamme noch leuchtende Säume oder Streifen zeigt, wenn also die Luft nicht in zu großem Überschusse zugeführt wird.

Während bei Dampfkesselanlagen es mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Kessel nicht angezeigt ist, die Temperatur im Verbrennungsraume sehr hoch zu steigern, und man bei denselben den günstigen Nutzeffekt meist durch entsprechend große Feuerfläche erzielt, hat man bei den technisch-metallurgischen Öfen gerade die möglichst hohe Verbrennungstemperatur anzustreben, was namentlich durch Erhitzung der Verbrennungsluft und der Gase (Siemens-Regenerativöfen) mit ausgezeichnetem Erfolge und einer Erhöhung des Nutzeffektes auf das Dreifache erreichbar ist. Auch der günstige

[1]) Bezeichnet man mit c die Wärmekapazität der Verbrennungsgase, mit G ihr Gewicht, so ist $c\,G\,T$ die darin enthaltene Wärmemenge. Mit t ziehen die Gase ab, sie führen daher $c\,G\,t$ Wärmeeinheiten weg. Die Differenz $c\,G(T-t)$ könnte im Ofen zur Wirkung kommen, daher der Nutzeffekt höchstens $\frac{c\,G(T-t)}{c\,G\,T} = \frac{T-t}{T}$ betragen kann.

IV. TEIL.

Von den Zerkleinerungs-, Sortierungs- und Mengungsarbeiten.

Die Arbeiten zum Zwecke der Zerkleinerung, der Sortierung und der Mengung oder Mischung spielen in den verschiedensten Industrien eine so hervorragende Rolle, ja in manchen Industrien, wie in der Müllerei, der Erdfarbenerzeugung, wird fast ausschließlich nur von diesen Arbeiten Gebrauch gemacht, daß die Besprechung derselben wichtig ist und zweifellos in die mechanische Technologie einbezogen werden kann.

Bei der Metallgewinnung aus den Erzen sind die hierher gehörigen Arbeiten in den sogenannten Aufbereitungsanstalten vereinigt und die Aufbereitungskunde[1]) bespricht dieselben. Die Zerkleinerungs- und nachfolgenden Sortierungsarbeiten bezwecken hier die Trennung des metallreichen Erzes von dem tauben Gesteine.

Für ganz andere Zwecke, z. B. zur Erzeugung der Porzellanmasse, werden teilweise dieselben Arbeiten mit anderen verbunden. Ein Gleiches gilt von der Erzeugung der Bronzefarben (Malergold), der Zurichtung des Gießereisandes (Formsandes), von der Gewinnung der Masse für Graphitstifte (Bleistifte) und für zahllose andere Zwecke.

Im folgenden werden die wichtigsten hierher gehörigen Arbeiten und Arbeitsmittel besprochen.

1. Von den Zerkleinerungsarbeiten.

Zu diesen Arbeiten gehört das Sprengen, Spalten, Steinbrechen, Zerkleinern zu kleinen Bruchstücken verschiedener Korngröße, endlich das Pulverisieren. Das Zerkleinern auf Grobkorn, Feinkorn und Pulver (Staub) ist nur dem Grade nach unterschieden und können dieselben Zerkleinerungsmittel, so verschieden dieselben auch mechanisch beschaffen sein mögen, für mehr oder minder weit getriebene Verkleinerung dienen.

[1]) Die Aufbereitungskunde von Ministerialrat Peter Rittinger. Berlin 1867.

Sehr feine Pulver, bei welchen das Gefühl zwischen den Fingern keine Körnchen wahrnehmen läßt, weisen eine Größe der Teilchen von 0·0005 bis 0·01 *mm* auf. Bei einer Korngröße von 0·02 *mm* und kugeliger oder polyedrischer Form vermag geübtes Gefühl die Körnchen zwischen den Fingern bereits wahrzunehmen; das Pulver beginnt „scharf" zu werden. Von einer Korngröße von 0·1 *mm* unterscheidet auch ohne Isolierung das freie Auge die einzelnen Stückchen schon ziemlich deutlich.

Zu der erstgenannten Gruppe gehören die Polierpulver und die Teilchen, wie sie sich in geschlemmtem Tone oder Porzellanmasse finden, und feine Stärkearten.

Zur zweiten gehören die feinen Schleifpulver, an welche sich allmählich die gröberen, über 0·1 *mm* Korngröße, anschließen. Für die Unterscheidung der Korngröße durch den Griff ist nicht nur die Größe, sondern auch die Gestalt und Beschaffenheit der Teilchen maßgebend. So erscheinen dem Griffe scharfkantige Steinsplitterchen gröber als gleich große, ja selbst größere Stärkekörnchen abgerundeter Form.

Durch die Zerkleinerung mittels mechanischer Mittel erhält man die Teile meist sehr ungleich in der Größe, weil gewöhnlich viele Stückchen durch umliegende kleinere vor der zerkleinernden Einwirkung geschützt werden. Man soll daher möglichst trachten, die hinreichend verkleinerten Teile zu entfernen.

Es lassen sich nicht alle Materialien pulverisieren. Viele organisierte, ferner weiche, plastische und hämmerbare Körper sind nicht unmittelbar pulverisierbar. Ist es möglich, ihnen durch Trocknen, wie bei Wurzeln, Samen, Fleisch, Ton eine gewisse Sprödigkeit und Härte zu verleihen, dann gelingt diese Arbeit. Bei Holz muß man zuerst Späne herstellen, diese scharf trocknen, dann kann man durch energische mechanische Mittel (Mahlgänge) eine Zerreibuug bis zu Pulver durchführen.[1]) Hämmerbare Metalle, Kupfer, Silber, Messing, Zinn müssen in Form dünnen Bleches durch lang andauerndes Hämmern jene Sprödigkeit erhalten, welche die weitere Verkleinerung zu einem sehr feinen, wenn auch plättchenförmigen Pulver in Stampfwerken gestattet. Blei, Zinn und leichtflüssige Legierungen können dadurch pulverisiert werden, daß man eine kleine Menge geschmolzenen Metalles in einer Holzbüchse kräftigst schüttelt. Auch bei Zink gelingt dies noch, bei Messing, Bronze und allen schwer schmelzbaren Metallen stößt dieses Verfahren aber auf große Schwierigkeiten. Hervorragend zum Pulverisieren geeignet sind alle spröden Materialien, wie Steine, Knochen, Glas.

Das Grundgesetz der Formänderung: Geometrisch ähnliche Körper gleicher materieller Beschaffenheit erfordern zu gleichartiger Gestaltsänderung Arbeitsgrößen, welche proportional sind dem Volumen dieser Körper,

---

[1]) Holzmehl wird wenig erzeugt. Der als Hadernsurrogat in der Papierfabrikation verwendete Holzzeug oder Holzschliff muß faserig sein und wird durch Andrücken von Holzklötzen an rotierende Schleifsteine unter Wasserzufluß erzeugt, wobei das Abreißen der Fäserchen in der Faserrichtung stattfindet.

hat auch hier volle Geltung. Man kann dasselbe auch in folgenden Satzformen zum Ausdrucke bringen:

Eine bestimmte Gewichtsmenge kongruenter Stücke desselben Materials bedarf zu einer bestimmten Verkleinerung der gleichen Arbeitsgröße, welche dieselbe Gewichtsmenge geometrisch ähnlicher, kleinerer oder größerer Probestücke desselben Materials zu gleichartiger Formänderung benötigt. Oder: Eine bestimmte Gewichtsmenge geometrisch ähnlicher Probestücke desselben Materials bedarf zu analoger Verkleinerung einer bestimmten Arbeitsgröße, welche unabhängig ist von der Zahl und Größe der einzelnen Probestücke. Diese Sätze sind für manche Zwecke in der einfachsten Weise direkt verwertbar. Denkt man sich z. B. Quarzsand bestimmter Korngröße, etwa von 2 *mm* mittlerem Durchmesser durch Walzen verkleinert, welche auf 1 *mm* gestellt sind, so wird man zur Verkleinerung eines bestimmten Gewichtes dieses Sandes genau dieselbe Arbeitsgröße benötigen, welche bei Sand derselben Qualität, aber der Korngröße von 4 *mm* und dem Walzenabstand von 2 *mm* bei gleicher Gewichtsmenge erforderlich wäre, vorausgesetzt, daß auch die Walzendurchmesser im Verhältnisse 1 : 2 stehen. Hierdurch erhält man wohl keine unmittelbaren Zahlen, aber man kann aus der Arbeitsgröße, welche für einen Fall erforderlich ist, die erforderliche Arbeit für viele andere ähnliche Fälle rechnen.

In der Praxis wird es häufig vorkommen, daß dasselbe Material wiederholten Verkleinerungen ausgesetzt wird, auch kann es bei manchen Materialien vorkommen, daß die Bruchstücke trotz ihrer Verschiedenheit in der Hauptsache polyedrisch bleiben. Richtet man nun die Verkleinerungsmittel (z. B. Walzen) so ein, daß man die Bruchstücke stufenweise je auf zirka die halben linearen Abmessungen bringt, z. B. von 8 *mm* auf 4, von 4 auf 2, ferner 1, $^1/_2$, $^1/_4$ usw., so wird man für jede dieser Verkleinerungen pro Gewichtseinheit dieselbe Arbeitsgröße zu verwenden haben.

Der zu verkleinernde Körper kann zwischen den wirksamen Flächen der Werkzeuge, mittels welchen die Verkleinerung besorgt werden will, entweder Stößen ausgesetzt werden, wie z. B. in Stampfwerken, oder er wird gequetscht, wie dies zwischen den Oberflächen von Walzen, deren Umfangsgeschwindigkeit gleich ist, geschieht, oder er wird gerieben, beziehungsweise zerrieben, wie dies in einer Reibschale mit Hilfe des Stempels geschieht, oder er wird gebrochen durch Einwirkung entsprechend gestellter Schneiden. Bei allen diesen Einwirkungen wirkt ein Teil stützend und zwischen ihm und einem zweiten bewegten Teile findet die Zerkleinerung statt. Es ist jedoch auch möglich, das zu zerkleinernde Material gegen eine feste Wand zu schleudern, oder das frei bewegliche Material von rasch bewegten Zerkleinerungswerkzeugen treffen zu lassen, und hierin ist eine wesentlich verschiedene Inanspruchnahme begründet, wie sich selbe bei den Desintegratoren oder Schleudermühlen vorfindet.

Wird ein Material zwischen widerstandsfähigen Körpern gedrückt, so wird dasselbe in seiner Masse ganz anders beansprucht, als wenn es gegen

eine feste Wand geschleudert wird. Im ersten Falle findet bei zylindrischen, bildsamen Massen eine tonnenförmige Deformierung statt, im zweiten Falle wird ein zylindrisches Stück an jenem Ende breitgestaucht, mit welchem es gegen die feste Wand anprallt. Die lebendige Kraft des angeschleuderten (oder fallenden) Stückes wird zu einer Formveränderung aufgebraucht, bei welcher jene Schichten, die der unmittelbar auftreffenden Endfläche am nächsten liegen, am meisten beteiligt sind (vgl. S. 9 und 13).

Spröde Körper lassen sich aber nicht stauchen, sondern sie bersten und es geschieht dies beim Anschleudern mit einem nahezu gleichen Arbeitsaufwande, wie bei Anwendung von Schlägen auf den auf fester Unterlage ruhenden Körper, obwohl hierbei immer ein Teil der Schlagarbeit in Vibrationen der Unterlage verloren geht. Hierzu kommt einerseits noch der Umstand, daß bei der Zerkleinerung durch Schlag die kleinen Bruchstücke, z. B. im Stampfwerke, gleichsam schützend die größeren umgeben, während wohl beim Anschleudern (im Desintegrator) gerade die größeren Stücke, des sie minder beeinflussenden Luftwiderstandes wegen, am intensivsten der Einwirkung unterliegen, anderseits aber der Luftwiderstand den Effekt wesentlich herabdrückt, insofern es sich um Erlangung feiner Pulver handelt.

In bezug auf den Arbeitsverbrauch wirken übrigens die zerbrechend oder abscherend wirkenden Mittel am günstigsten. Hierbei ist aber die Anwendung von Spitzen, Schneiden oder dergleichen erforderlich und nützen sich diese bei der Zerkleinerung mancher Materialien so rasch ab, daß sie aus diesem Grunde nicht zur Anwendung kommen können.

Als ein wesentliches Hilfsmittel, die Verkleinerung von Steinen, z. B. Quarz, Schmirgel u. dgl., zu erleichtern, mag hier das Glühen mit nachfolgendem Abkühlen (Abschrecken) in Wasser, hervorgehoben werden. Es entstehen hierdurch im Material zahlreiche Haarrisse, nach welchen es bei folgender mechanischer Beanspruchung leicht springt. Die Wirkung des Glühens ist besonders überraschend bei Schmirgel, welcher teilweise schon während des Glühens unter lautem Krachen berstet und so zahlreiche Sprünge erhält, daß seine Verkleinerung leicht wird. Gerade hier dürfte sich die Anwendung der Schleudermühle (Desintegrator) empfehlen, weil die kleinen Bruchstücke die größeren hierbei nicht schützend umgeben können. Sehr häufig werden Steinbrecher (Backenquetschen) zur gröbsten Verkleinerung, hierauf Kollergänge und endlich Walzen angewendet und kann auch diese Verkleinerung ganz rationell geschehen, wenn zwischen den einzelnen Stufen der Verkleinerung die feineren Teile stets von den gröberen abgesiebt werden.

Die mechanischen Hilfsmittel zum Pulverisieren lassen sich nicht in stoßend, reibend, quetschend, brechend wirkende einteilen, weil dasselbe Mittel oft in zwei- oder selbst mehrfacher Weise angewendet werden kann.

Die folgende Besprechung wird sich daher zumeist nach den verschiedenen Zerkleinerungsmaschinen gliedern und nur zunächst das Sprengen

Lager und Lassen geöffnet erscheinen, ohne daß überwiegend viele neue Brüche entstanden sind; die gebrochene Gesteinsmasse ist als Bau- und Werkstein zu benützen; Dynamit Nr. II hat aber überwiegend viele neue Brüche erzeugt, das Gestein in kleinere Blöcke gebrochen und weniger weithin gelockert.

Die starken Dynamitsorten, Gelatinedynamit, Zellulosedynamit, Dynamit I und II zermalmen und zerbrechen die benachbarten Teile des Körpers und die Wirkung ist eine ziemlich scharf begrenzte. Die schwächeren Dynamitsorten brechen nur in unmittelbarer Nähe, trennen aber weithin nach den offenen Lagern und Lassen, ihre Wirkung ist weniger plötzlich. Darum wendet man beim Abtäufen enger Stollen und Schächte vorzüglich die starken Dynamitsorten an, bei deren richtiger Verwendung die Begrenzungswände wenig beschädigt werden; hingegen beim Ausweiten der Tunnels, beim Brechen von Werksteinen, in weiten Einschnitten u. dgl. werden die minder starken Dynamite verwendet. Man kann daher den Satz aufstellen: Je mehr brechende oder zermalmende Kraft eine Sprengarbeit erfordert, je stärker (brisanter) soll das Explosiv sein; für bloße Trennungen sind minder brisante Sorten zu wählen.[1]

Ein Sprengstoff besitzt einen höheren Grad von Brisanz, wenn er in einer kürzeren Zeit vergast. Man kann bei Explosiven von „momentaner“ Wirkung reden, weil die Zeit der Vergasung außerordentlich kurz ist. Ein Versuch Professor Mach's zeigt dies trefflich. Man äquilibriert eine empfindliche Wage, deren eine Wagschale durch ein Kartenblatt ersetzt ist. Das Explosiv, Nitroglyzerin, wird auf das Kartenblatt gelegt und durch einen elektrischen Funken entzündet. Das Kartenblatt wird durchschlagen, ohne daß die Wage aus der Ruhelage kommt. Ändert man den Versuch ab, indem man unter das Kartenblatt eine Blechschale gibt, so wird bei der Explosion die Karte durchgeschlagen, aber die Explosionsgase und die Teilchen, die nach abwärts geschleudert werden, stoßen auf die Wagschale und bringen die Wage ins Schwingen. Das Durchschlagen des Kartenblattes findet im ersten Falle in einer so kurzen Zeit statt, daß die Trägheit der Massenteile der Wage nicht überwunden wird. Schwarzpulver würde aufflammen, ohne das Kartenblatt zu durchschlagen.

Das Laden des Bohrloches geschieht in der Weise, daß man die Patrone bis auf den Boden des Bohrloches schiebt und dort zusammendrückt. Bei trockenem Bohrloche kann dies so kräftig geschehen, daß die Papierhülse platzt, wodurch sich der Sprengstoff dicht an die Bohrlochwand anschließt und die Wirkung gesteigert wird. Nach Bedarf können mehrere Patronen hintereinander in das Bohrloch eingeführt und angedrückt werden.

Die Verbindung der letzteingeführten Patrone mit der Zündkapsel und der Zündschnur erfolgt in der in Abb. 152 und 153 angegebenen Weise. Die Zündschnur, von der dem Bohrloch entsprechenden Länge, wird an einem Ende scharf abgeschnitten, mit diesem Ende in das Zündhütchen $z\,z$ (Abb. 152) mit Knallquecksilberfüllung eingeschoben und durch An-

---

[1]) Zur Ermittlung der Brisanz eines Sprengstoffes wird gewöhnlich der Brisanzmesser von Trauzl verwendet. Es ist dies ein Bleizylinder von 200 *mm* Höhe und Durchmesser mit zentrischer Bohrung von 20 *mm* Durchmesser und 120 *mm* Tiefe. Zur normalen Ladung werden 20 *g* des Sprengstoffes verwendet. Die Explosion treibt die Bohrung birnförmig auf, denn der obere Teil der Bohrung, welcher durch einen Bleistöpsel verdämmt und durch eine Einspannvorrichtung gefaßt wird, erweitert sich weniger. — Die Größe des gebildeten Hohlraumes, geteilt durch das Volumen des angewendeten Sprengstoffes liefert eine Zahl, welche um so größer ist, je größer das Arbeitsvermögen des Explosivs.

kneipen bei *a* mittels einer Zange festgeklemmt. Hieranf wird das Zündhütchen in das Explosiv der zuletzt einzuführenden Patrone nach Abb. 153 eingesetzt und die Zündschnur an die Patronenhülse bei *b* festgebunden. Gutes Anklemmen der Zündschnur im Zündhütchen bedingt einerseits sichere Zündung, anderseits kräftigere Wirkung des Knallquecksilbers; richtige Verbindung, wie Abb. 153 zeigt, ist erforderlich, da die freie Zündschnur nicht die Sprenggelatine oder das Dynamit berühren darf, indem hierdurch bloß ein Abbrennen des Schusses, mithin keine Explosion, erfolgen könnte.

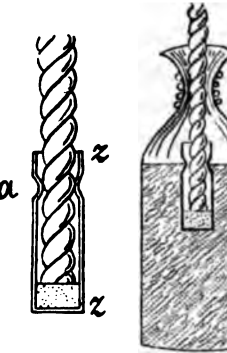


Abb. 152. Zünder. Abb. 153. Sprengpatrone.

Die fertige, nach Abb. 153 hergestellte Zündpatrone wird vorsichtig in das Bohrloch bis auf den übrigen Teil der Ladung eingeführt, ohne dieselbe festzupressen, und hierauf der Versatz eingebracht.

Ist das Bohrloch naß, so müssen Dynamitpatronen durch Teer- oder Fettüberzug vor dem Eindringen von Wasser geschützt werden, auch ist die obere Öffnung des Zündhütchens mit Wachs oder Fett zu verschließen.

Eine wesentlich vermehrte Wirkung und bedeutende Kostenersparnis wird erzielt, wenn die Anlage der Sprengschüsse derart stattfindet, daß die Wirkung der einzelnen Ladungen bei der Explosion sich gegenseitig unterstützt, was durch eine kombinierte Anlage der Bohrlöcher und gleichzeitige elektrische Zündung der Ladungen stattfindet. Man kann hierdurch in vielen Fällen mit derselben Explosivmenge die doppelte Wirkung erzielen, als wenn die einzelnen Ladungen mittels Zündschnüren auf gewöhnliche Art abgefeuert werden. Wo dies tunlich ist, sollen daher die Sprengungen mittels des elektrischen Funkens vorgenommen werden.

Die elektrische Zündung kann durch den elektrischen Funken oder durch das Erglühen eines dünnen Drahtes erfolgen. In der Regel bedient man sich bei Sprengungen der Funkenzündung. Die Zündmaschine ist dann eine Reibungselektrisiermaschine; an diese schließt sich die Leitung, welche zum elektrischen Zünder führt. Ein solcher Zünder, System Trawniczek, ist in Abb. 154 dargestellt. Der Messingdraht *mm* ist mit einer Masse *a* so umgossen, daß die abgebogenen, gegeneinander gerichteten Drahtenden aus dieser Masse vorstehen und von einer Zündmischung umgeben sind. Springt der elektrische Funke über, so entzündet sich zunächst die Zündmischung und durch diese kommt die Zündkapsel *K* zur Explosion, welche, in das Dynamit der Zündpatrone (Abb. 153) eingelassen, nun diese und die übrige Ladung zur Explosion bringt. Natürlich müssen die Drähte *mm* sowie die Drähte der Leitung voneinander isoliert sein und ist bei der gleichzeitigen Entzündung vieler Patronen

Abb. 154. Trawniczek's Zünder.

alle Vorsicht auf die gehörige, gut leitende Verbindung der Drähte zu nehmen. Vor Herstellung dieser Verbindung sind die einzelnen Bohrlöcher in der gewöhnlichen Weise mit Besatz zu versehen. Die Drahtenden ragen aus dem Bohrloche hervor, werden dann blank gemacht und geeignet in die Leitung eingeschaltet, und zwar hintereinander, d. h. man verbindet den ersten Draht des ersten Bohrloches mit der Hinleitung, den zweiten durch einen Zwischendraht mit dem ersten Drahte des zweiten Bohrloches, den zweiten Draht desselben durch einen Zwischendraht mit dem Zünder im dritten Bohrloche usf., bis der zweite Draht des Zünders des letzten Bohrloches mit der Rückleitung verbunden ist.

Als Zündpatrone für die Kriegssprenggelatine muß nach Prof. Gintl eine aus einer Mischung von 60% Nitroglyzerin und 40% Nitrohydrozellulose hergestellte, besonders stark wirkende Patrone verwendet werden.[1])

Es entwickelt 1 *kg*	Kalorien	Theoretische Arbeit in Meterkilogramm	Anmerkung
Schwarzpulver (Sprengpulver)	570	242.000	hiervon beim Sprengen etwa 1/7 nutzbar.
Guhrdynamit	1290	548.000	
Gelatinedynamit	1804	617.000	

Es erklärt sich hiernach leicht, daß man an Sprenglöchern spart, wenn ein kräftigeres Explosiv genommen wird. Der Abstand der Sprenglöcher voneinander beträgt bei Sprengpulver 3/4, bei Guhrdynamit 1, bei Gelatinedynamit 1 1/2 der Bohrlochtiefe.

	Lochtiefe Zentimeter	Lochdurchmesser Millimeter
Schwarzpulver	30— 50	27—33
	50— 80	33—40
	80—120	40—50
Dynamit	30— 50	22—25
	50— 80	25—30
	80—120	30—40

Reine Bohrarbeit pro 1 cm^3 (Bohrfestigkeit)

bei mildem Sprenggesteine rund 20 *mkg*
„ festem „ „ 40 „
„ sehr festem „ „ 80 „

Für 1 *m* Bohrlochtiefe beträgt die Bohrzeit x, bezogen auf die Schicht als Einheit

$$x = \frac{0{\cdot}86\,\frac{\pi\delta^2}{4}\,.\,100\,.\,(\text{Bohrfestigkeit})}{127500}, \quad \ldots .\ \delta \text{ in } cm \text{ gemessen,}$$

[1]) Aus einer Abhandlung Professor v. Rziha's seien noch nachstehende Angaben beigefügt. Die Leistungsfähigkeit gleicher Gewichtsmengen Schwarzpulvers und Guhrdynamits verhalten sich wie 1:2·77; jene von Guhrdynamit zu Gelatinedynamit wie 1:1·4.

wobei die Zahl 0·86 den Bruchteil der Muskelarbeit bedeutet, welcher an der Schneide wirksam wird; die Zahl 127500 die Arbeit eines Häuers in Meterkilogramm pro Schicht und $\frac{\pi\delta^2}{4}$. 100 die Zahl der erbohrten Kubikzentimeter.

i Volumen des abgesprengten Gesteines in Kubikmetern, $i = a\,t^3$, *t* Bohrlochtiefe.

Die Werte von *a* hängen vom Sprengmittel und von der Art der Gesteinsverspannung ab und es kann

beim bergmännischen Baue	bei Pulver	$a = 0·74$
„ „ „	„ Dynamit	$a = 1·48$
„ Tagbaue	„ Pulver	$a = 2·60$
„ „	„ Dynamit	$a = 5·20$ genommen werden.

Gewinnungskosten für 1 m^3	Kalkstein	sehr festen Syenit und Granit
bei Anwendung von Pulver	*K* 8·80	14·08
„ „ „ Guhrdynamit	„ 4·68	8·20
„ „ „ Gelatine	„ 4·24	—

Das Spalten.

Das Spalten, Abspalten, Absprengen ist eine Trennungsarbeit, welche mittels keilförmiger Werkzeuge bei verschiedenen Materialien — Stein, Schiefer, Holz — zur Anwendung kommt. Bei der Baustein- insbesondere der Quadergewinnung muß nicht selten vom Sprengen abgesehen werden, weil hierdurch die Bruchstücke zu unregelmäßig ausfallen. Der zu lösende Quader muß durch vorsichtiges Sprengen und teilweise auch durch Arbeit mit der Keilhaue aus dem natürlichen Verbande bis auf eine einzige Seitenfläche gelöst werden. Längs dieser gewünschten Trennungsfläche arbeitet man dann eine Furche, **Schlitz** oder **Schramm** ein und durch das Eintreiben von Keilen in dieselbe (Abb. 155) sucht man den Quader als ein

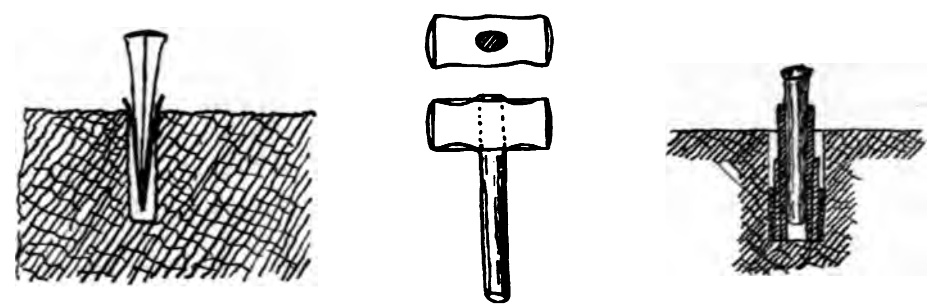


Abb. 155. Keil. Abb. 156. Fäustel oder Schlage. Abb. 157. Rundkeilen.

Stück abzutrennen. Die Keile werden in größerer Zahl gleichzeitig angewendet, indem man sie in den Schramm in kleinen Abständen einsetzt und durch leichte Schläge einzutreiben sucht, wobei je nach der Größe des abzutrennenden Quaders oft mehrere Arbeiter gleichzeitig arbeiten. Zum Eintreiben wird ein **Fäustel** oder **Schlage** verwendet, von etwa 5 *kg* Gewicht (Abb. 156). Zur Schonung des Schlitzrandes ist die Zwischenlage eines V-förmig gebogenen Bleches, wie Abb. 155 zeigt, zu empfehlen. In ähnlicher Weise spaltet man durch die Wirkung einer Reihe von Keilen, welche in gerader Linie aufgesetzt werden, auch Granitblöcke.

Beim sogenannten Rundkeilen werden nach der beabsichtigten Spaltrichtung in Abständen von 200 *mm* Löcher gebohrt. In diese Löcher werden segmentförmige Blechstreifen eingeschoben, wie dies Abb. 157 darstellt und schließlich nahezu zylindrische Keile eingetrieben. Hier findet die Pressung vorwaltend nahe am Boden des Loches statt und die Gefahr des Abbrechens des Schlitzrandes ist hierdurch beseitigt.[1])

Zum Spalten des Dachschiefers werden besonders gestaltete, sehr dünne Keile angewendet. (Siehe Prechtl, technol. Enzyklopädie.)

Das Spalten von Holz erfolgt nicht nur bei der Herstellung von Brennholz, sondern auch für gewisse Nutzhölzer, z. B. Dachschindeln, weil vom Spaltholz das Wasser besser abfließt, dasselbe daher dauerhafter ist als gesägtes Holz oder Schnittholz.

Steinbrechen, Steinbrecher.

Das Zerbrechen der Steine zum Zwecke der Schottergewinnung, der Aufbereitung der Erze u. dgl. erfolgt mittels sogenannter Steinbrecher,

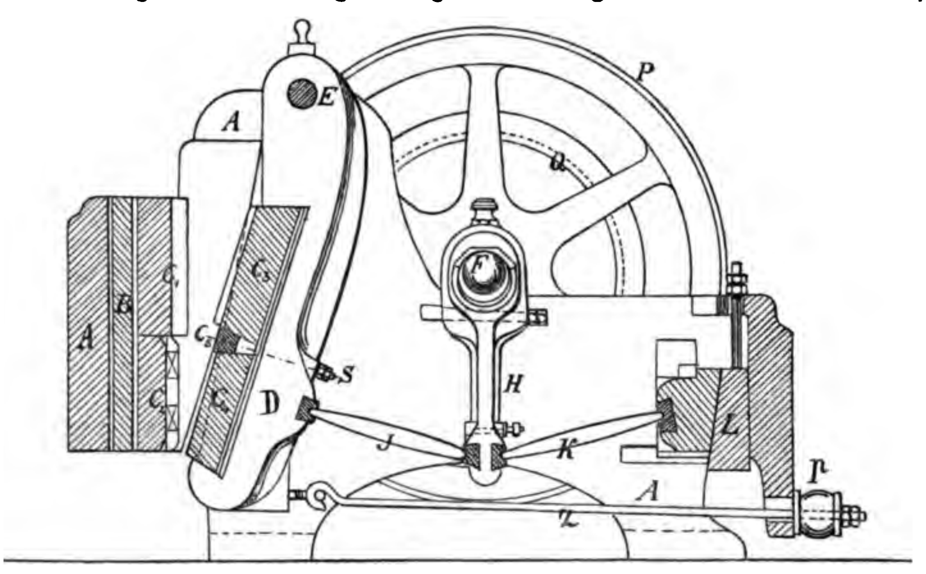


Abb. 158. Steinbrechmaschine nach Blake.

indem gegen einen festgestellten Brechbacken mittels eines beweglichen Brechbackens die Steine angedrückt und zufolge der Backenrippen auf Biegung, beziehungsweise auf Bruch beansprucht, mithin gebrochen werden.

Abb. 158 zeigt einen Steinbrecher Blake'schen Systems. Der festgestellte Brechbacken ist bei C_1 C_2, der bewegliche bei C_3 C_4 ersichtlich. An der Stahlwelle F, welche etwa 100 Touren macht, sitzt die Riemenscheibe Q, das Schwungrad P und ein Exzenter, welches der Exzenter-

[1]) Siehe Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterbuch, 3. Aufl., Bd. VIII, S. 453 usw. Daselbst finden sich weitere Literaturangaben.

oder Zugstange *H* die Bewegung erteilt. *HJK* wirkt als Kniehebel und sind die Gelenkstützen *JK* in Stahllager eingelegt, von welchen das eine durch den Stellkeil *L* adjustiert werden kann, während das zweite in den um *E* schwingenden Hebel *D* eingesetzt ist. Die in dem kräftigen Gußständer *A* eingesetzten festen Brechbacken C_1 C_2 lassen sich durch Adjustierung der Stützplatte *B* richtig einstellen. Die Befestigung der Brechbacken C_3 C_4 im Hebel *D* erfolgt durch den Keil C_5 und zwei Schrauben *S*. Die Rückbewegung des Hebels *D* geschieht teils durch sein Eigengewicht, teils durch die Zugstangen *x* und die Kautschukpuffer *p*. Die gerippten Brechbacken sind aus Hartguß. Als durchnittliche Leistung für Straßenschotter kann 1 bis 1·5 Tonne pro Stunde und Pferdekraft angenommen werden.

Die Stampf- oder Pochwerke.

Stampfwerke oder Pochwerke sind Zerkleinerungsmaschinen, bei welchen vertikal geführte Stößel, Pochstempel oder Stampfen gegen das in einem Troge (Stampftrog, Pochtrog) befindliche zu zerkleinernde Gut durch freien Fall wirken.

Der Hub der Pochstempel erfolgt durch Hebedaumen, welche mit ihrer Welle (Daumenwelle) rotieren und die Stampfen an einem Ansatze (Hebelatte, Hebling) fassen. Hierbei findet bei viereckigen hölzernen Stampfen nur ein Heben, bei zylindrischen eisernen Stempeln mit scheibenförmigem Hebling zugleich ein Drehen statt.

Das untere Stampfenende (Schuh) ist häufig aus Stahl, desgleichen sind in den Pochtrog stählerne Stücke eingesetzt, gegen welche die Stempel arbeiten, und ist der Pochtrog mit Eisenblech ausgekleidet.

Das Gewicht der Pochstempel wird zur Erzzerkleinerung zwischen 50 und 250 *kg* gewählt, die Hubhöhe zwischen 15 bis 52 *cm*. Gewicht mal Hubhöhe gibt die Arbeit eines Schlages, und dividiert man dieses Produkt durch die Flächengröße des Pochschuhes, ausgedrückt in cm^2, so erhält man die spezifische Schlagarbeit. Nach Rittinger soll dieselbe für hartes Gestein 0·2 *mkg*, für brüchiges 0·1 *mkg* betragen. Die von der Hubhöhe abhängige Schlagzahl wechselt zwischen 30 bis 100 in der Minute. Die Hubgeschwindigkeit kann als konstante Größe und mit 30 bis 50 *cm* angenommen werden.

Man kann einen oder mehrere Stempel, bis neun, in einem Pochtroge arbeiten lassen, trocken oder naß stampfen. Die Naßpochwerke werden auf Erz deshalb häufig angewendet, weil der Wasserzufluß die Abführung des feinen Gutes erleichtert, welches mit dem Wasser durch Siebe entfernt wird, welche in den Pochtrogwänden entsprechend eingesetzt sind. Hierdurch ist es möglich, das Pochgut annähernd in jener Korngröße abzuführen, welche man erlangen will.

Behufs gleichmäßigeren Kraftbedarfes erfolgt das Heben der Stempel in regelmäßiger Aufeinanderfolge und sind deshalb die Hebedaumen entsprechend versetzt aufgekeilt. Dieselben sind meist nach einer Evolvente gekrümmt.

Kraftverbrauch ein gleichförmigeres Pulver liefern und weniger Reparaturen bedürfen.

Jene Scheibenmühlen, deren vertikale, einander zugekehrte Flächen mit vielen kleinen Zähnen besetzt sind, wirken brechend. Eine der Scheiben ist hier meist festgestellt, die zweite rotiert mit etwa 300 Touren. Die Zufuhr des Mahlgutes, meist organische Substanzen (Getreide), erfolgt nahe an der Achse der festgestellten Scheibe.

Mahlgänge.

Zu den meist gebrauchten Verkleinerungsmitteln gehören die Mahlgänge. Zwei scheibenförmige Steine wirken mit ihren einander zugekehrten ebenen Flächen, den Mahlflächen, auf das zu zerkleinernde, zwischen diese Flächen gebrachte Material. Nahezu ausschließlich sind die Mahlflächen horizontal angeordnet. Je nachdem der obere oder der untere Stein der bewegte, rotierende ist, unterscheidet man oberläufige oder unterläufige Mahlgänge.

Die nebenstehende Abb. 166 zeigt einen modernen Mahlgang im Vertikalschnitte; die wesentlichsten Teile sind: Der festliegende Unter- oder Bodenstein *C*, der Oberstein oder Läufer *B*, die Mühlspindel *i*, auf welcher mittels der sogenannten Haue *g* der Läufer ruht und die rotierende Bewegung der Mühlspindel mitmacht; die Steinstellung, das sind jene Teile $S\ S_1\ t\ u\ v\ w\ o\ x\ y\ z$, mittels welcher die Mühlspindel und dadurch der Läufer gehoben, der Abstand der Mahlflächen reguliert werden kann; und endlich die Mahlgutzuführung, welche aus Gosse *a*, Schieber *b*, Schlauch *c*, dem stellbaren Rohre *de* und dem Wurfteller *f* besteht.

Aus Abb. 166 ist ersichtlich, daß die Mühlspindel unten in der Pfanne *z*, oben im Bodensteine in der Büchse *k* gelagert ist, das Halslager *l* bezweckt eine Durchbiegung der Spindel infolge der Riemenspannung zu hindern. *F* ist die Riemenscheibe. Die Mühlsteine sind von einem Kasten (Zarge) *r* gedeckt, welcher das verkleinerte, rundum ausgeworfene Mahlgut auffängt und seine kontinuierliche Abfuhr durch ein entsprechend angebrachtes Ablaufrohr (Mehlloch) gestattet. Die Tourenzahl beträgt 100 bis 130, die Umfangsgeschwindigkeit etwa 1·7 *m*.

Bei den neueren Mahlgängen ist die Verbindung zwischen Läufer und Mühlspindel nicht durch ein starres Stück (feste Haue), sondern durch zwei gelenkige Stücke, die bewegliche Haue, verbunden; das erstere, der Treiber *t* (Abb. 167), sitzt fest auf der Mühlspindel, das zweite, der Bügel *b*, sitzt mit seinen Lagern auf den Zapfen des Treibers und trägt seinerseits auf Zapfen die Lager des Obersteines. Die Treiberzapfenachse steht senkrecht auf der Bügelzapfenachse, und somit kann der Läufer um zwei aufeinander senkrechte Achsen schwingen, d. h. nach Bedarf an jeder Stelle ausweichen. Die bewegliche Haue ist somit als Kompaßgelenk aufzufassen.

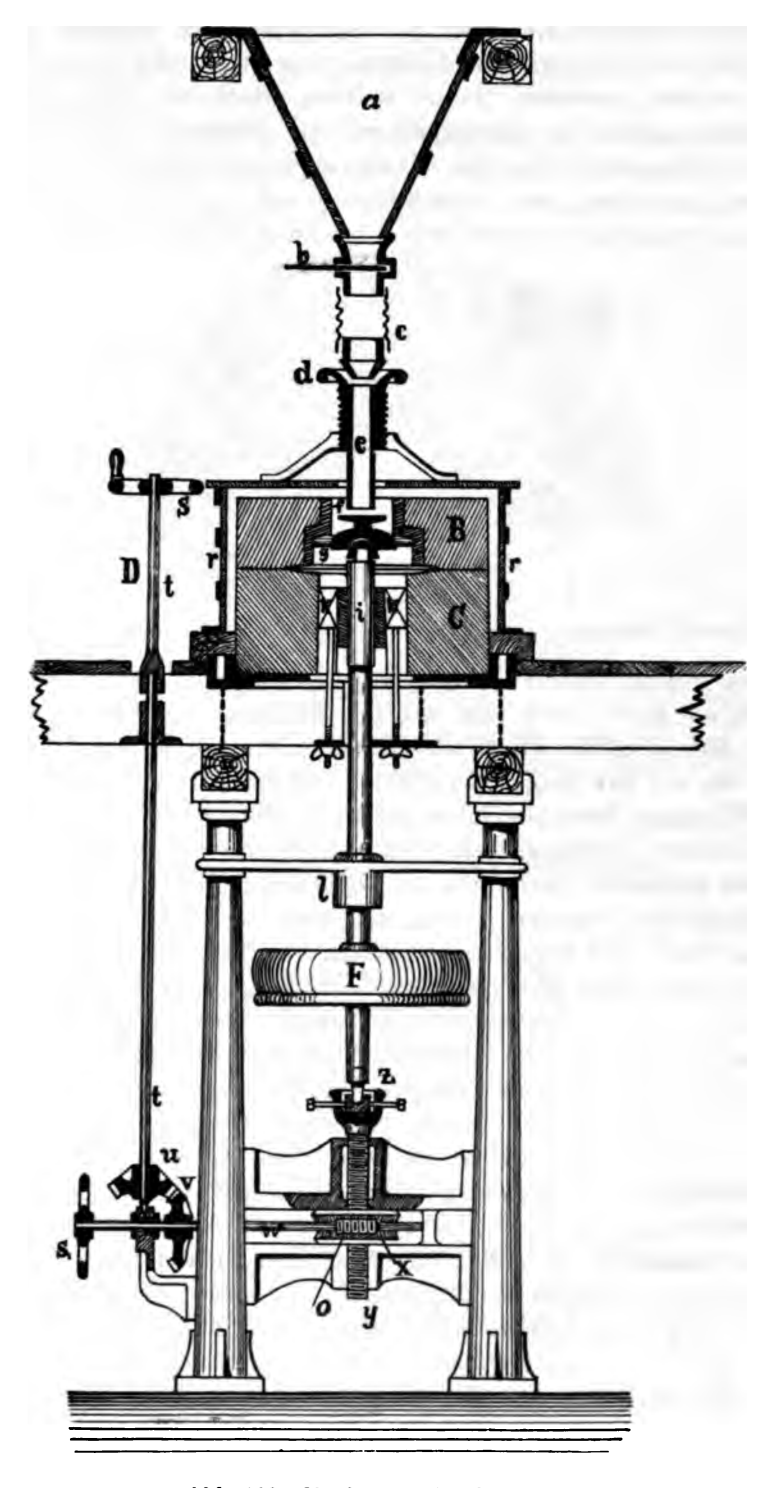


Abb. 166. Oberläufiger Mahlgang.

Die reibende Wirkung der „Differentialbewegung" wird eine um so größere sein, je größer der Reibungskoeffizient zwischen Walzenoberfläche und Mahlgut ist. Walzen aus Biskuitporzellan oder Granit wirken in dieser Beziehung günstiger als Hartguß- oder Stahlwalzen, doch kommt ihnen nicht die gleiche Dauer zu.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen muß größer sein als die Geschwindigkeit, mit welcher das Mahlgut von der Zuführung aus zwischen die Walzen einfällt, damit die einzelnen Mahlgutteilchen getrennt voneinander die Walzen passieren, nicht aber in mehrfacher Schicht, was dann geschehen könnte, wenn die Walzen zu langsam gingen.

Um die reibende Wirkung zu vermehren und die genaue Zylinderform der Walzen zu erhalten, gibt man denselben ausnahmsweise nebst der rotierenden Bewegung auch eine Rückkehrbewegung in der Achsenrichtung. In diesem Falle, welcher beim Farbenreiben Anwendung findet, ist das zu verreibende Pulver mit Wasser, Öl oder Firnis versetzt.

Sollen die Walzen brechend oder abscherend wirken, so ist ihre Oberfläche entweder wellig oder gezahnt oder geriffelt, und in diesen Fällen sind die Walzen auf einen bestimmten Abstand eingestellt oder sie arbeiten doch mit geringem Drucke gegeneinander.

Sollen die Walzen quetschend oder quetschend und reibend wirken, wobei der Walzenkörper als mattgeschliffene Zylinderfläche angearbeitet ist, so müssen die Walzen gegeneinander gedrückt werden und ist es hierbei vorteilhaft, elastischen Andruck zu benützen, welcher den Walzen gestattet, ihre Entfernung nach der Menge der Zuführung selbsttätig zu regeln.

Dieser Andruck kann durch Federn oder Gewichte bewirkt werden und die Größe desselben ist gleich der Pressung der Walzen in den Lagern, beeinflußt daher direkt die Reibungsarbeit, welche nebst der Nutzarbeit überwunden werden muß. Die Walzenstühle in den Mühlen sind nicht selten konstruktiv so durchgeführt, daß der Andruck sehr hoch gebracht werden kann und dann vermag jene Person, welche die Walzen zu beaufsichtigen hat, durch zu hohe Pressung nicht nur übermäßigen Kraftverbrauch zu verursachen, sondern, wie es vorkam, die Mühle selbst zum Stillstande zu bringen.

Bezüglich der Disposition der Walzen sind zwei Anordnungen am verbreitetsten, die horizontale und vertikale (Abb. 179 und 180). Bei der horizontalen ist eine der Walzen (A) fix gelagert, die zweite (B) beweglich, durch elastischen Andruck gegen A gepreßt.

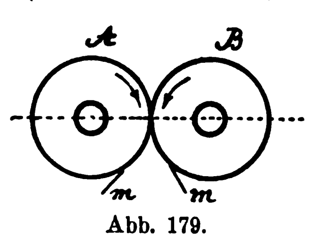


Abb. 179.

Bei der vertikalen Anordnung, welche meist mit drei (oder mehr) Walzen ausgeführt wird, ist die unterste A fix gelagert. Die beiden

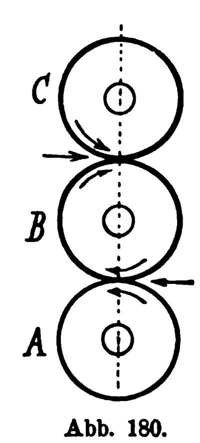


Abb. 180.

oberen Walzen besitzen vertikal geführte bewegliche Lager und der auf die oberste Walze *C* ausgeübte Druck pflanzt sich durch diese auf die mittlere *B* und die unterste *A* fort.

Bei der Anordnung Abb. 179 haben wir einen Durchgang des Mahlgutes, bei jener Abb. 180 sind zwei Durchgänge vorhanden und da man mittels des später zu besprechenden Kreuzdurchlasses diese beiden Durchgänge (Passagen) voneinander unabhängig machen kann, so kann die Anordnung mit drei Walzen unter sonst gleichen Umständen die doppelte Arbeit liefern als jene mit zwei Walzen. Die Zapfenreibungsarbeit ist hingegen bei gleicher Pressung, gleicher Tourenzahl und gleichen Zapfendurchmessern in beiden Fällen die gleiche, weil die Walze *B* (Abb. 180), oben und unten gleich gepreßt, entlastete Zapfen besitzt.

Abb. 181. Walzenstuhl mit zwei Walzenpaaren.

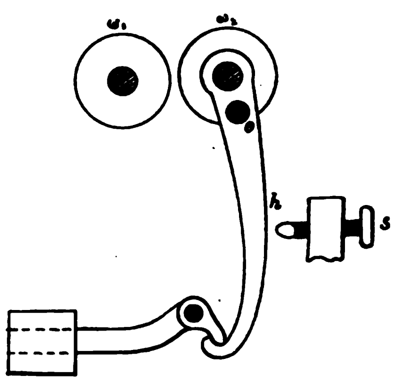


Abb. 182. Elastischer Andruck. Walze w_1 fix, w_2 in Hebel *h* gelagert, *o* dessen Drehachse, *s* Stellschraube für den Walzenabstand.

Der Vorteil liegt daher auf Seite der Dreiwalzenstühle was Leistung, beziehungsweise Kraftverbrauch betrifft, hingegen bezüglich Einfachheit des Baues und Bedienung auf Seite der Zweiwalzenstühle, welche übrigens meist doppelt — zweipaarig — hergestellt werden.

Abb. 181 zeigt einen häufig angewendeten zweipaarigen Walzenstuhl mit Andruck durch Gewichte. Die äußeren Walzen sind in Hebeln gelagert, welche bei *o* ihre Drehachse haben, das stellbare Gewicht *G* gestattet den Andruck zu regeln. Vgl. Abb. 182.

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde stillschweigend der genaue Parallelismus der Walzenachsen vorausgesetzt; derselbe ist jedoch weder leicht hergestellt noch leicht erhalten.

Denkt man sich durch ungleiche Mahlgutverteilung das eine Lager längere Zeit stärker beansprucht, so wird sich dasselbe etwas mehr abnützen und hierdurch kann nicht nur der Parallelismus verloren gehen, sondern auch die Stellung der Walzenachsen zueinander eine windschiefe werden. Ist dies aber der Fall, dann berühren sich die Walzen nicht mehr längs einer Geraden, sondern nur in einem Punkte und die Walzenwirkung wird äußerst ungleichförmig, das Mahlgut wird um so weniger verkleinert, je weiter seine Durchgangsstelle von dem eigentlichen Berührungspunkte der Walzen abliegt.

Durch einen Kunstgriff kann dem vorgebeugt werden und derselbe besteht einfach darin, daß man die Walzenachsen nicht in eine horizontale,

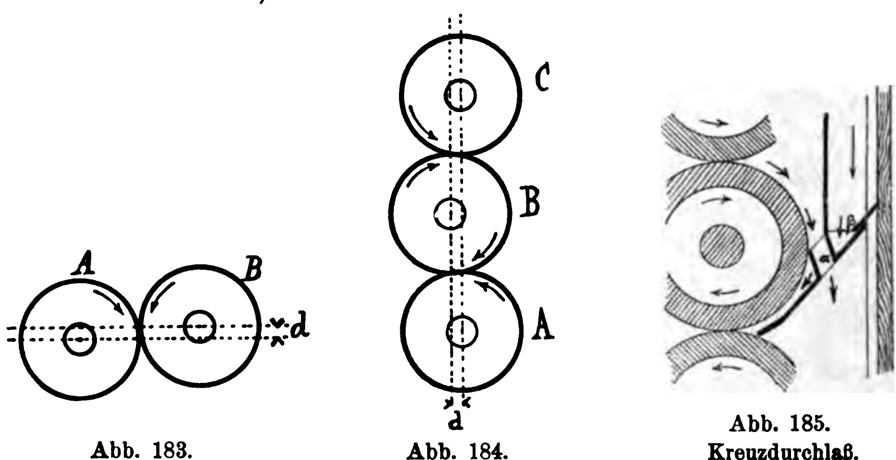


Abb. 183. Abb. 184. Abb. 185. Kreuzdurchlaß.

beziehungsweise vertikale Ebene legt, sondern jene Anordnung wählt, welche die Abbildungen 183 und 184 ausdrücken. Weil die Walze A (Abb. 183) um d tiefer liegt als B, so hat B schon durch sein Eigengewicht das Bestreben, an der Walze A nach einer geraden Erzeugenden anzuliegen. Windschiefe Stellung der Achsen ist nicht absolut unmöglich gemacht, aber sie wird weit seltener eintreten. Bei der Anordnung Abb. 184 sind die Lager der beiden oberen Walzen B und C vertikal geführt, die Lager von C erhalten vertikale Pressung, es müssen hier die Walzen C, B und B, A längs einer Geraden aneinander liegen. In beiden Fällen braucht der Abstand d nur sehr klein zu sein, um in dem besprochenen Sinne günstig zu wirken.

Von dieser Versetzung der Walzenachsen wird nicht nur bei den Walzenstühlen für Zerkleinerungszwecke Gebrauch gemacht, sondern in vielen Fällen der Walzenverwendung, z. B. bei Blechwalzen, Drahtplättwerken, Satiniermaschinen, Streckwalzen in Spinnereien usw.

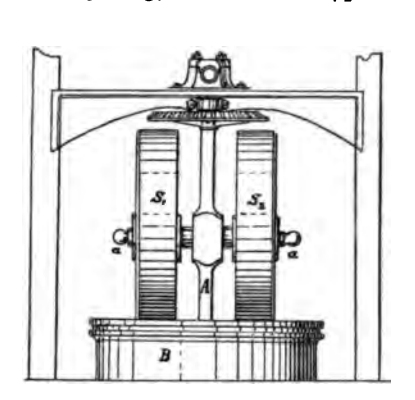
Der oben erwähnte Kreuzdurchlaß, welcher bei Dreiwalzenstühlen vertikaler Anordnung die getrennte Zu- und Abführung des Mahlgutes an beiden Durchgangsstellen ermöglicht, besteht, wie Abb. 185 andeutet, aus

zwei sich kreuzenden Rohrsystemen, deren Wirkung sich leicht in folgender Weise versinnlichen läßt. Denkt man sich die ausgespreizten Finger beider Hände mit nach abwärts gerichteten Armen so zusammengesteckt, daß die Finger der einen Hand zwischen je zwei Fingern der andern zu liegen kommen, so kreuzen sich die Finger; denkt man sich nun Arme, Hände und Finger röhrenartig gebildet und die Rohre an den Enden offen und von Flüssigkeit durchströmt, so werden sich zwei Flüssigkeitsströme kreuzen. Ein solches Kreuzen der beiden Ströme des Mahlgutes findet durch den Kreuzdurchlaß statt.

Die Walzenstühle für Müllereizwecke sind nicht nur in bezug auf Lage, Zahl, Größe, Antriebsweise und Andruck der Walzen sehr verschieden, sondern sie sind auch häufig mit Anordnungen zu selbsttätiger Abstellung, wenn die Zuführung des Mahlgutes unterbrochen ist, versehen; zuweilen auch mit Kühl- oder Ventilationseinrichtung.[1])

Kollergänge.

Im Anschlusse an die Walzen seien die Kollergänge besprochen, deren Wirkungsweise eine verwandte ist. Bei diesen Maschinen werden gewöhnlich zwei scheibenförmige, große Walzen gleichzeitig über oder auf einem Teller in rollender Bewegung im Kreise herumgeführt; zuweilen drehen sich die Walzen am Orte und der Teller rotiert. Der Durchmesser dieser Walzen ist oft bedeutend, bis 2 *m*, die Abmessung in der Achsenrichtung meist gering, selten über $^1/_2$ *m*.



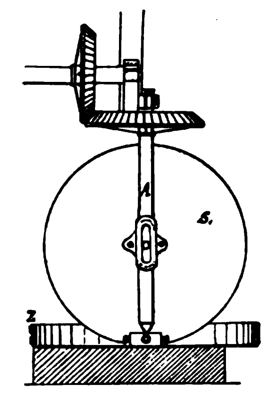


Abb. 186. Kollergang. *B* Bett mit Zarge *Z*, *Aa* Achsen, $S_1 S_2$ Steine oder Mahlscheiben.

Die Kollergänge wirken quetschend und reibend zugleich, weil die Walze nicht nur rollend, sondern auch gleitend sich bewegt, was sich aus den geometrischen Verhältnissen ergibt. Aus vorstehender Abb. 186 ist zu ersehen, daß die vertikale Achse *A* angetrieben wird; mit dieser ist in loser Verbindung ein Doppelarm, welcher als Walzenachse in der Weise dient, daß auf ihn die Achsbüchsen der Walzen aufgeschoben sind. Diese

[1]) Ausführliches findet sich in Kick's Mehlfabrikation, 3. Aufl., Leipzig 1893.

Verbindungen müssen so beschaffen sein, daß die Walzen je nach der Menge des unter sie gelangenden Mahlgutes sich heben können.

Um die zu verkleinernde Substanz stets wieder unter die Walzen zu bringen, sind Streichbretter angebracht, welche die Drehbewegung um die Hauptachse mitmachen.

Zur Pulverisierung von Formsand verwenden manche Gießereien Kollergänge mit nur einem Läufer; statt des zweiten ist ein Schöpfrad angebracht, welches den Sand von der Mahlbahn aufnimmt und durch einen Ausschüttkegel gegen ein kegelförmiges Sieb leitet, welches, zentrisch angebracht, den feineren Sand absiebt, den gröberen wieder auf die Mahlbahn abrollen läßt. Auch hier sind entsprechende Streicher sowohl für den vorerwähnten Zweck, als auch zur Abfuhr des feinen Sandes angebracht. Die Siebfähigkeit des Siebkegels wird dadurch erhöht, daß derselbe Stöße in vertikaler Richtung empfängt.

Bei manchen Kollergängen drehen sich die Walzen am Orte und rotiert dafür der Teller, dessen Antrieb erfolgt von unten.

Die Anwendung dieser Zerkleinerungsmaschine ist eine sehr mannigfache. Kollergänge werden z. B. in Porzellanfabriken zur Zerkleinerung von Feldspat und Quarz, in Papierfabriken zur „Auflösung" der sogenannten Makulatur, in Schokoladefabriken zum Mengen und Verreiben von Schokolade und Zucker (als Melângeur) usw. verwendet und ist dem Zwecke entsprechend die Konstruktion und Dimensionierung bedeutend verschieden.

Kugelmühlen und Rohrmühlen.

Kugelmühlen sind Verkleinerungsmaschinen, bei welchen in der Regel rollende, zuweilen auch aus geringer Höhe fallende gußeiserne Kugeln die Arbeit verrichten. Meist werden die Kugeln dadurch zum Rollen, beziehungsweise zur Wirkung gebracht, daß das Gefäß (Trommel, Hohlzylinder), in welchem sie sich mit der zu zerkleinernden Substanz befinden, in langsame Umdrehung gesetzt wird. Die Tourenzahl ist an die Bedingung geknüpft, daß die Fliehkraft der Kugeln stets kleiner als deren Schwerkraft bleiben muß, denn wird die Fliehkraft größer, so rotieren die Kugeln mit dem Gefäße, an dasselbe angedrückt, ohne auf seiner Innenfläche zu rollen. (Vgl. Sieben, S. 214.)

Die Kugelmühlen eignen sich vorzüglich zur Herstellung feinen Pulvers aus spröden, nicht zu festen Materialien, wie Kohle, Erdarten, Farben u. dgl.

Das Gewicht der Kugeln, welche gleichzeitig meist in verschiedenen Größen in Anwendung kommen, wird gewöhnlich zwischen 100 *g* und 5 *kg* genommen, doch sind auch Kugelmühlen mit nur einer sehr großen Kugel in Anwendung gekommen.

In Gießereien stehen Kugelmühlen meist von der Form in Gebrauch, daß in einer langsam rotierenden zylindrischen Trommel viele Kugeln und die zu verkleinernde Kohle sich finden. Das Austragen der pulverisierten

Kohle ist unbequem. Hierfür hat Hanctin eine Anordnung von kontinuierlicher Wirkung erdacht, welche darin besteht, daß in einem feststehenden gußeisernen Mantel *m* (Abb. 187) von etwa 2 *m* Länge ein gußeiserner Zylinder *C* rotiert, welcher eine große Zahl von Löchern besitzt, in welchen je eine gußeiserne Kugel ihren Sitz hat. Die Kugeln werden durch die Drehung des Zylinders mitgenommen und rollen hierbei auf der Innenfläche des Mantels. An einer Seite des Mantels befindet sich oben der Einlauf, am Gegenende unten der Auslauf. Werden nach Angabe 80 Tourenverwendet, bei einem Zylinderdurchmesser von 370 *mm*, so liegen die Kugeln stets durch ihre Fliehkraft an der Mantelinnenfläche an, rollen aber dessenungeachtet, weil der Mantel feststeht.

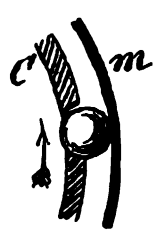


Abb. 187.

Um in einem Falle anzudeuten, wie außerordentlich mannigfach die Ausführungsformen solcher Maschinen sein können, seien in der Anmerkung die Nummern deutscher Reichspatente über Kugelmühlen angegeben.[1])

In neuerer Zeit haben die Kugelmühlen in Verbindung mit den Rohrmühlen in der so wichtigen Zementindustrie[2]) die meisten anderen Zerkleinerungsmaschinen, vom Steinbrecher abgesehen, verdrängt. In den Kugelmühlen soll die Verkleinerung von Walnußgröße (oder Faustgröße) herab auf Wickengröße, in den Rohrmühlen bis zur Staubfeinheit erfolgen. Die Zement verkleinernden Kugelmühlen sind sehr große Trommeln (Durchmesser etwa 2·5 *m*, Breite etwa 1·3 *m*) deren Innenfläche von der Zylinderform durch Absätze bildende Segmentflächen derart abweicht, daß die Kugeln auch durch sehr geringe Höhen fallen. Es sind ferner Siebe so eingesetzt, daß die Teilchen von etwa Wickengröße ausgesiebt werden.

Die Rohrmühlen sind lange, horizontale Zylinder ($D = 1{\cdot}5\ m$, Länge $= 6\ m$), welche mit Feuersteinkugeln, wie selbe an der Nord- und Ostsee in Menge sich finden, zur Hälfte gefüllt sind. Die Zuführung erfolgt stetig durch den Hohlzapfen der Stirnseite, die Abfuhr des staubfeinen Produktes ebenfalls stetig am Zylinderende. Die Leistung der von Davidson erfundenen Rohrmühle beträgt stündlich bei einem Kraftverbrauche von 30 Pferdekräften zirka 3000^K Zementmehl, von welchem 95% durch das 5000 Maschensieb gehen. Der Abrieb der Flintsteine beträgt kaum 1^K auf 1000^K Zement und ist auf die Güte des Zements von keinem Einflusse.[3])

---

[1]) 795, 10.700, 16.174, 21.826, 22.846, 23.069, 34.167, 36.858, 39.066, 42.365, 43.676, 45.583, 47.477, 49.750, 51.039, 53.382, 53.592, 55.335, 56.163, 61.938, 62.757, 62.871, 64.466, 66.444, 69.376, 71.916, 71.919, 75.041, 76.031, 80.411, 80.549, 81.500, 84.325, 84.510, 88.077, 89.885, 90.339 usw.

[2]) Siehe Karl Naske: Die Portlandzementfabrikation, Leipzig, Theod. Thomas, 1903 (S. 140 bis 144 und 153 bis 157).

[3]) Kugelmühlen und Rohrmühlen bauen: Friedr. Krupp (Grusonwerk), Magdeburg-Buckau; Herm. Löhnert, Bromberg; Ganz & Komp., Leobersdorf u. a.

Desintegratoren oder Schleudermühlen.

Die Wirkung der Schleudermühlen beruht darauf, das zu zerkleinernde Material mit solcher Geschwindigkeit gegen einen festen Körper (Wand, Mantel) zu werfen, oder auf freibewegliches, z. B. fallendes Material rotierende Schlagbolzen mit solcher Geschwindigkeit wirken zu lassen, daß eine Zerteilung eintritt. Indem zum Zerschleudern und zum Zerschlagen spröder Materialien, wie Versuche ergaben,[1]) nahezu dieselben Arbeitsgrößen erforderlich sind, so können Desintegratoren mit anderen Zerkleinerungsmaschinen in erfolgreiche Konkurrenz treten.

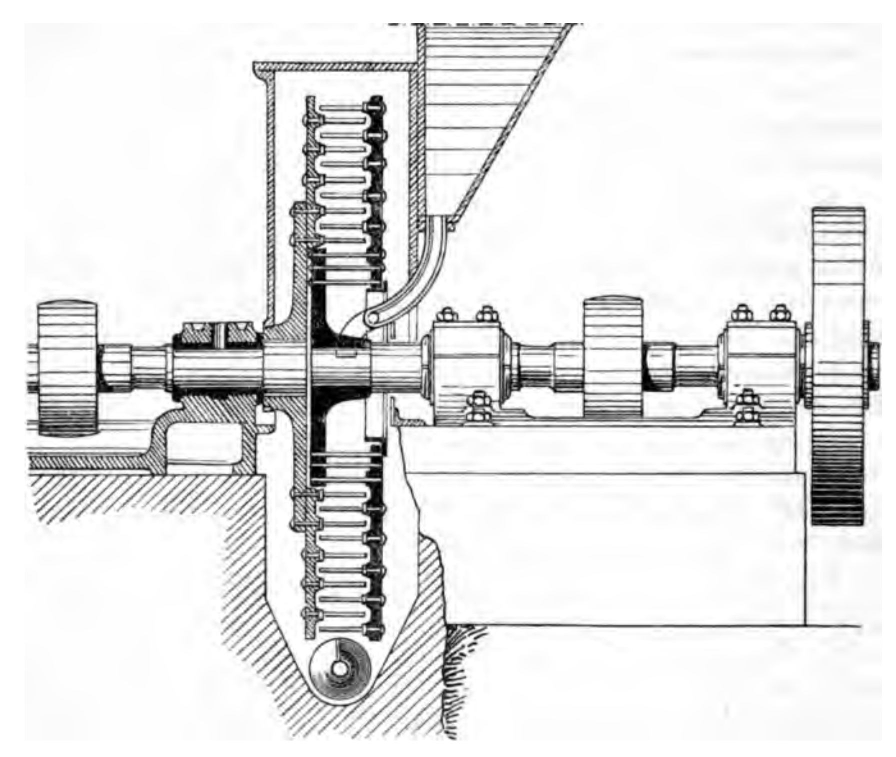


Abb. 188. Carr's Desintegrator.

Am häufigsten stehen die Desintegratoren nach der Konstruktion Carr in Verwendung; bei denselben rotieren zwei mit Schlagbolzen versehene Scheiben mit großer Geschwindigkeit gegeneinander, beziehungsweise in entgegengesetzter Richtung.

Durch die Abb. 188 ist der Carr'sche Desintegrator dargestellt. Das Material kommt aus der Gosse zwischen die beiden Scheiben, welche mit 300 bis 1000 Touren in entgegengesetztem Sinne rotieren. Jede der Scheiben ist an dem Ende einer kurzen Welle aufgekeilt, welche mit Riemenscheibe und Schwungrad versehen ist. Beide Wellen liegen in einer Geraden. Die

[1]) Kick, Das Gesetz der prop. Widerstände, S. 6, 58.

Bolzen werfen sich das Mahlgut gegenseitig zu und dasselbe sammelt sich schließlich unterhalb der Scheiben an, wo es durch eine Förderschraube abgeführt wird. Nagel & Kaemp haben eine Scheibe festgestellt, die zweite ließen sie mit doppelter Tourenzahl laufen, was den Antrieb vereinfacht, aber vorzügliche Lagerung und Schmierung erfordert. Der Zerkleinerung feiner und spezifisch leichter Teile wirkt der Luftwiderstand bedeutend entgegen.

Die Ausführungsformen der Desintegratoren sind ziemlich mannigfach und mag noch eine vertikale Anordnung erwähnt sein, bei welcher das Mahlgut zentrisch auf einen rasch rotierenden, mit Wurfleisten versehenen Teller auffließt, welcher es gegen einen geriffelten Hartgußmantel schleudert.

Es wird sich bei Anwendung des Desintegrators von selbst die Frage ergeben, mit welcher Geschwindigkeit soll die Maschine laufen, beziehungsweise bei welcher Wurfgeschwindigkeit findet ein Zerschleudern statt? Die Geschwindigkeit hängt natürlich von der Beschaffenheit des Materials ab. Würde ein kugelförmiges Materialstückchen vom Gewichte G zur Zertrümmerung (Dreibruch, S. 16) die Schlagarbeit A brauchen, so ist zum Zerschleudern dieselbe Arbeitsgröße A nötig und es müßte $A = \frac{Gv^2}{2g}$, demnach $v = \sqrt{\frac{2gA}{G}}$ sein. Mit dieser von der Korngröße unabhängigen Geschwindigkeit müßte der Wurf erfolgen, um Bruch herbeizuführen.

Die Desintegratoren werden zur Verkleinerung von Kohle, Knochen, Zement, Schmirgel und anderen spröden Materialien mit Vorteil verwendet.

Hätte man ein Gemenge von Steinchen gleicher Größe, aber verschiedenen Widerstandes gegen Bruch, so ließe sich der Desintegrator so anwenden, daß das gebrächere Material zerkleinert, das andere nicht zerkleinert würde. Die Trennung wäre hierauf durch Sieben leicht.

Die Luftwirbel treten am nachteiligsten bei denjenigen Desintegratoren auf, deren Schlagbolzen entgegengesetzt rotieren; am geringsten sind sie bei jenen, welche mit einem horizontalen, um eine vertikale Achse rotierenden Wurfteller arbeiten. Für die Zerkleinerung zäher Materialien sind die Schleudermühlen ungeeignet.

II. Sonderungs- oder Sortierungsarbeiten.

Die Sonderungsarbeiten sind wohl noch weit mannigfacher als die Zerkleinerungsarbeiten, denn die zu lösenden Aufgaben teilen sich in die Sonderungen fester Teilchen nach Größe, spezifischem Gewichte, Form, absolutem Gewichte und magnetischem Verhalten, ferner in die Trennung von Flüssigkeiten von fester Substanz, die Trennung von Emulsionen verschiedenen spezifischen Gewichtes und die Trennung von Staubteilchen von der sie tragenden oder mitführenden Luft.

A. Sonderung nach der Größe der Teile.

Die Sonderung fester Teilchen nach der Größe erfolgt durch das Sieben, die Steigmühle und das Schlämmen.

Sieben oder Sichten.

Die allbekannte Arbeit des Siebens setzt die Anwendung eines Siebes voraus. Das zu siebende Material, das Sichtgut, wird entweder gegen das Sieb geworfen oder es liegt auf dem bewegten, meist gerüttelten Siebe.

Das Sieb besteht entweder aus einem leinwandartigen Gewebe (Abb. 189)[1]) oder aus gelochtem Bleche (Abb. 190) oder aus einem gazeförmigen Gewebe (Abb. 191). Der Größe der Öffnungen entsprechend können gewisse Materialteilchen hindurchfallen, andere werden zurückgehalten. Hiernach hat es den Anschein, als ob über das Sieben wenig mehr zu sagen wäre.

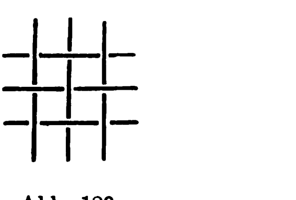


Abb. 189.

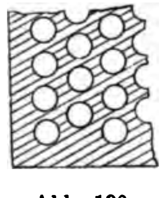


Abb. 190.

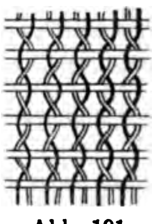


Abb. 191.

Tatsächlich ist jedoch der Vorgang beim Sieben nicht sehr einfach. Denn abgesehen davon, daß sich die Öffnungen der Siebe, insbesondere der gelochten Bleche mit ihren senkrecht zur Siebfläche stehenden Lochwänden, leicht mit Siebgut verlegen und hierdurch die Leistungsfähigkeit oft rasch abnimmt, namentlich dann, wenn das Siebgut unter sich und gegen das Sieb adhäriert, kommt zuvörderst der Umstand in Betracht, daß in einem gerüttelten Gefäße, mit verschieden großen Teilchen desselben Materials gefüllt, sich stets die kleinsten Teilchen zu unterst setzen, die größten zu oberst.

Denkt man sich statt des Gefäßes ein gewöhnliches Handsieb mit Sichtgut gefüllt und ebenfalls gerüttelt, so wird zuerst sehr feines Material, da dieses sich unten sammelt, durch das Sieb fallen; nach kurzer Zeit wird das durchfallende Material merklich gröber werden usw. Man wird — falls man das zuerst durchfallende Material für sich sammelt, das später durchgebeutelte nach entsprechenden Pausen ebenfalls — durch dasselbe Sieb ein Produkt oder Gut von merklich verschiedener Feinheit erhalten.

[1]) Die Siebnummer gibt entweder die Zahl der Drähte auf den Zoll, oder die Anzahl der Öffnungen („Maschen") im Quadratzentimeter an. Das für Zement gewöhnlich benützte 5000-Maschensieb hat z. B. 180 Schußfäden und 200 Kettenfäden auf den Wienerzoll, Drahtdicke 0·060 und 0·055 *mm*, man schreibt Nr. 180/200 oder nennt die abgerundete Maschenzahl 5000. (Genauer $179 \times 199 = 35.621$ Maschen per 1 □-Zoll oder 5.134 auf 1 cm^2.)

Eine ganz analoge Erscheinung stellt sich bei einem geneigten ebenen Siebe ein, welchem oben Material (Sichtgut) in höherer Schicht zugeführt wird. Ist ein solches Rüttelsieb oder Sauberer (Abb. 192) seiner ganzen Länge nach mit dem gleichen Siebe bespannt, so wird bei 1 I sehr feines, bei 2 II mittleres, bei 3 III grobes Material durch das Sieb gehen. Am Ende des Siebes wird nur dann ausschließlich Material von solcher Korngröße übergehen, welches wirklich nicht durch die Maschen des Siebes fallen kann, wenn das Sieb so groß war, daß beim allmählichen Vorrücken jedes kleinere Teilchen wirklich über eine Öffnung zu liegen kam und Gelegenheit fand, durch das Sieb hindurchzugehen.

Wollte man annähernd gleich feines Sichtgut durch die ganze Länge des Siebes erhalten, so müßte man sukzessive feinere und feinere Siebe anwenden. Man macht hiervon auch zuweilen Anwendung.

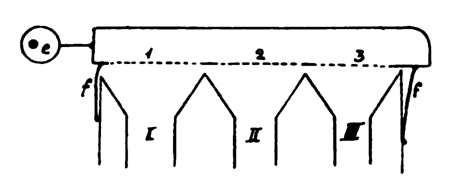


Abb. 192. Sauberer. 1, 2, 3 Sieb; *e* Exzenter; *f*, *f* Federn, auf welchen der Siebrahmen ruht; I, II, III Abteilungen des Sichtkastens.

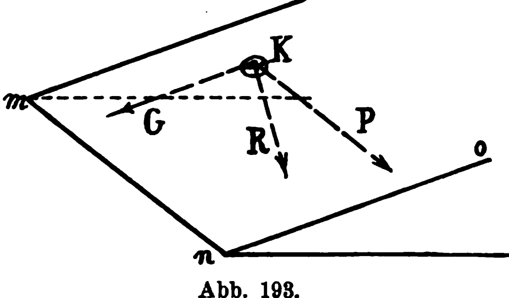


Abb. 193.

Große Siebfläche, lebhaft rüttelnde Bewegung, gleichmäßige Verteilung des Siebgutes auf dem Siebe, und zwar in dünner Schicht, das sind die Bedingungen für exakte Sonderung der Teilchen nach ihrer Größe durch das Sieben.

Wenn man geneigte ebene Siebe anwendet, so ist der Neigungswinkel stets viel kleiner als der Reibungswinkel des Sichtgutes auf dem Siebe zu wählen, etwa 4 bis 5°. Die allmähliche, fortschreitende Bewegung würde bei ruhendem Siebe nicht erfolgen; durch das Rütteln des Siebes wird jedoch eine relative Bewegung des Siebgutes auf dem Siebe hervorgebracht, hierdurch der Reibungswiderstand überwunden und nun wird die stetige Wirkung der Schwerkraft zur Geltung kommen können, welche nach abwärts ziehend einwirkt. Professor Gustav Herrmann hat diese Vorgänge durch nachstehendes einfaches Experiment sehr schön klargelegt. Ein Körper K, Abb. 193, liege auf einer schiefen Ebene mno, deren Neigungswinkel kleiner als der Reibungswinkel ist. Die senkrecht gegen die Trasse mn wirkende Komponente G der Schwerkraft ist allein nicht imstande, den Körper K zum Abgleiten zu bringen. Wird derselbe jedoch durch eine Kraft P parallel zu mn gezogen, welche Kraft hinreichend groß ist, den Körper zu bewegen, so findet die Bewegung nicht in der Richtung von P, sondern in jener der Resultierenden R der beiden Kräfte P und G statt und der Körper K nähert sich der Trasse mn.

Wird die Fläche, worauf der Körper liegt, so rasch gerüttelt, daß ein Gleiten desselben auf der Fläche erfolgt, so wird er, je nach der Richtung des Rüttelns, ob parallel oder senkrecht zur Trasse, entweder im Zickzack oder in ruckweisen kleinen Strecken allmählich über die schiefe Ebene abgleiten, und wenn sie als Sieb ausgebildet ist und die Maschenweite der Körpergröße entspricht, endlich auch in die richtige Lage für den Durchgang durchs Sieb gelangen.

Hat das Teilchen das Gewicht G und sei der Reibungskoeffizient durch ϱ ausgedrückt, so ist ϱG der Widerstand für die Verschiebung. Dieser Widerstand muß kleiner sein als jene Kraft ist, die hinreicht, dem Teilchen dieselbe Beschleunigung zu geben, wie sie die Unterlage (das Sieb) beim Rütteln erfährt, damit eine relative Verschiebung des Teilchens auf dem Siebe erfolgt. Auf dieser Erwägung fußend, machen wir folgende Rechnung:

Würde das Sieb durch ein Exzenter von der Exzentrizität ε gerüttelt, welches n Touren macht, so ist die Geschwindigkeit im Kurbelkreise $v = \frac{2\pi\varepsilon n}{60}$, eine Umdrehung erfolgt in der Zeit von $\frac{60}{n}$ Sekunden, der Bogen des Winkels w wird in der Zeit $t = \frac{60\,w}{n\,2\pi}$ durchlaufen; demnach ist Bogen $w = \frac{2\pi n}{60} t$. Das Wegdifferentiale im Sinne der Siebbewegung [Sinusversus-Bewegung, $s = (1 - \cos w)\,\varepsilon$] ist gegeben durch

$$ds = \varepsilon \sin w \,.\, dw = \varepsilon \sin\left(\frac{2\pi n}{60} t\right) \times \frac{2\pi n}{60} dt.$$

Die variable Siebgeschwindigkeit v_x und die variable Beschleunigung g_x ergibt sich, horizontale Sieblage vorausgesetzt, aus den Gleichungen:

$$v_x = \frac{ds}{dt} = \varepsilon \frac{2\pi n}{60} \sin\left(\frac{2\pi n}{60} t\right),$$

$$g_x = \frac{d^2 s}{dt^2} = \varepsilon \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi n}{60} t\right)$$ und die Maximalbeschleunigung g_m

$$g_m = \varepsilon \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2.$$

Die Schwerkraft G erteilt dem Massenteilchen vom Gewichte G die Akzeleration der Schwere g; die Kraft ϱG würde die Akzeleration oder Beschleunigung ϱg erteilen. Es muß, damit eine Verschiebung der Teilchen auf dem Siebe erfolgt, g_m größer als ϱg sein. Als Grenzwert ist

$$g_m = \varrho g = \varepsilon \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \text{ oder } n^2 = \frac{30^2}{\pi^2} \frac{\varrho g}{\varepsilon}.$$

Betrage der Reibungskoeffizient ϱ, welcher gleich der Tangente des Reibungswinkels[1]) ist, 0·4, $\varepsilon = \frac{1^m}{50}$, $g = 9{\cdot}81$, so wird $n^2 \doteq 18000$, somit

[1]) Der Reibungswinkel, d. i. jener Neigungswinkel φ des Siebes gegen die Horizontale, bei welchem das Abgleiten des Siebgutes durch sein Eigengewicht beginnt, läßt sich leicht ermitteln und hierdurch findet sich $\varrho = tg\ \varphi$.

$n \doteq 134$. Betrüge ε nur 1 *cm* $= \frac{1}{100} m$, so würde $n \doteq 185$. Man hat natürlich den Wert von n etwas größer zu wählen, damit das Siebgut auf dem Siebe sich lebhaft verschiebt.

Man kann die Siebfläche in sehr vielfacher Form und unter Benützung verschiedener Bewegungsarten zur Anwendung bringen; man kann das Sichtgut gegen das Sieb werfen oder auf dem bewegten Siebe gleiten lassen. Es gibt daher verschiedene Systeme von Siebvorrichtungen und Sieb- oder Sichtmaschinen.[1])

Gegen ein in einen Rahmen gespanntes, unter 60 bis 70° aufgestelltes Sieb, Sandgatter, wird der Bausand mit der Schaufel geworfen, um ihn von gröberen Steinen zu trennen.

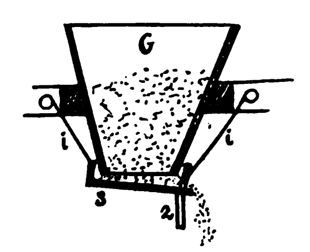


Abb. 194. Rüttelschuh. *G* Gosse, *i* Schnüre, *s* Schuh, *z* Rührnagel.

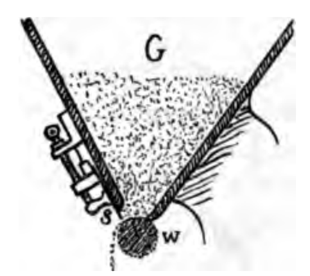


Abb. 195. Walzenzuführung. *G* Gosse, *w* Walze, *s* Schieber.

Auf ein unter 4 oder 5° geneigtes, gerütteltes Sieb, Rüttelsieb, Abreiter oder Sauberer läßt man an der oberen Seite das Sichtgut zuströmen. Man gibt solchem Siebe gewöhnlich bei 200 Schwingungen in seiner Längsrichtung von etwa 2 *cm* Ausschlag, läßt hierbei das Sieb von schräg gestellten Federn (vgl. Abb. 192) getragen sein, damit das Sichtgut auch geringe vertikale Impulse erleidet und hierdurch in eine schwach hüpfende, das Sieben fördernde Bewegung gelangt.

Sehr wichtig ist gleichförmige Zuführung des Sichtgutes der ganzen Breite des Siebes nach, und bedient man sich hierzu entweder eines Rüttelschuhes (Abb. 194) oder der Walzenzuführung (Abb. 195), oder man läßt die Gleitfläche des Zuführungsrohres in eine Kegelfläche übergehen, welche die Verteilung bewirkt (Abb. 196), oder endlich man bringt unter dem Zuführungsrohre eine trapezförmige schiefe Ebene an, welche mit vorstehenden dreieckigen Prismen besetzt ist, welche den Sichtgutstrom in die Breite ziehen (Abb. 197).

Eine sehr häufig angewendete Siebvorrichtung besteht aus einem polygonalen Lattengerüste, meist in Gestalt eines gleichseitigen, sechskantigen Prismas, über welches das Sieb gespannt ist. Dieses Prisma rotiert langsam, besitzt eine Neigung von 4 bis 5° und ist in einen Kasten eingeschlossen, welcher das durchfallende Siebgut auffängt, und zwar immer dann in ge-

[1]) Siehe Kick, Mehlfabrikation, 3. Aufl., S. 294 bis 344.

Denkt man sich durch ungleiche Mahlgutverteilung das eine Lager längere Zeit stärker beansprucht, so wird sich dasselbe etwas mehr abnützen und hierdurch kann nicht nur der Parallelismus verloren gehen, sondern auch die Stellung der Walzenachsen zueinander eine windschiefe werden. Ist dies aber der Fall, dann berühren sich die Walzen nicht mehr längs einer Geraden, sondern nur in einem Punkte und die Walzenwirkung wird äußerst ungleichförmig, das Mahlgut wird um so weniger verkleinert, je weiter seine Durchgangsstelle von dem eigentlichen Berührungspunkte der Walzen abliegt.

Durch einen Kunstgriff kann dem vorgebeugt werden und derselbe besteht einfach darin, daß man die Walzenachsen nicht in eine horizontale,

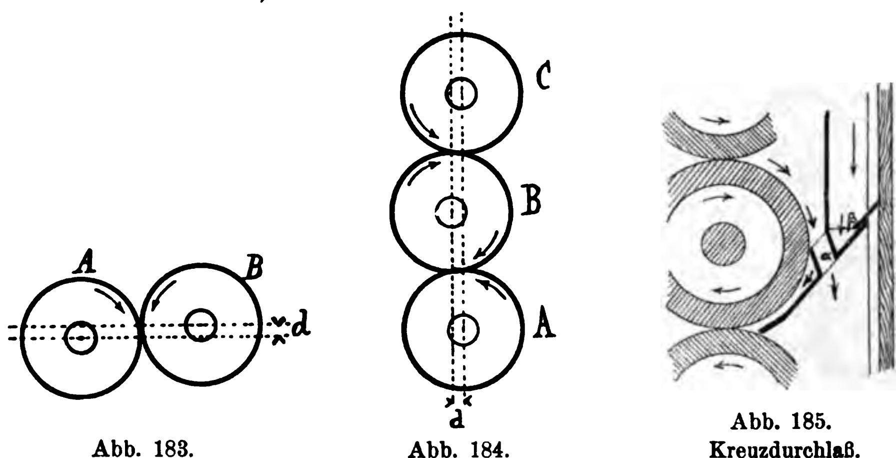


Abb. 183. Abb. 184. Abb. 185. Kreuzdurchlaß.

beziehungsweise vertikale Ebene legt, sondern jene Anordnung wählt, welche die Abbildungen 183 und 184 ausdrücken. Weil die Walze A (Abb. 183) um d tiefer liegt als B, so hat B schon durch sein Eigengewicht das Bestreben, an der Walze A nach einer geraden Erzeugenden anzuliegen. Windschiefe Stellung der Achsen ist nicht absolut unmöglich gemacht, aber sie wird weit seltener eintreten. Bei der Anordnung Abb. 184 sind die Lager der beiden oberen Walzen B und C vertikal geführt, die Lager von C erhalten vertikale Pressung, es müssen hier die Walzen C, B und B, A längs einer Geraden aneinander liegen. In beiden Fällen braucht der Abstand d nur sehr klein zu sein, um in dem besprochenen Sinne günstig zu wirken.

Von dieser Versetzung der Walzenachsen wird nicht nur bei den Walzenstühlen für Zerkleinerungszwecke Gebrauch gemacht, sondern in vielen Fällen der Walzenverwendung, z. B. bei Blechwalzen, Drahtplättwerken, Satiniermaschinen, Streckwalzen in Spinnereien usw.

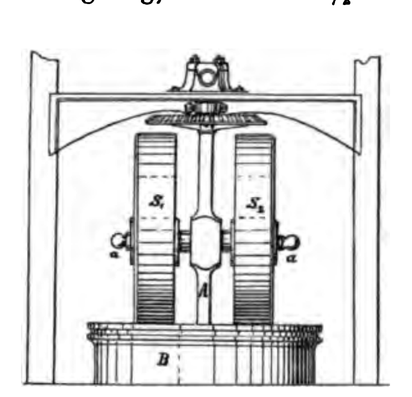
Der oben erwähnte Kreuzdurchlaß, welcher bei Dreiwalzenstühlen vertikaler Anordnung die getrennte Zu- und Abführung des Mahlgutes an beiden Durchgangsstellen ermöglicht, besteht, wie Abb. 185 andeutet, aus

zwei sich kreuzenden Rohrsystemen, deren Wirkung sich leicht in folgender Weise versinnlichen läßt. Denkt man sich die ausgespreizten Finger beider Hände mit nach abwärts gerichteten Armen so zusammengesteckt, daß die Finger der einen Hand zwischen je zwei Fingern der andern zu liegen kommen, so kreuzen sich die Finger; denkt man sich nun Arme, Hände und Finger röhrenartig gebildet und die Rohre an den Enden offen und von Flüssigkeit durchströmt, so werden sich zwei Flüssigkeitsströme kreuzen. Ein solches Kreuzen der beiden Ströme des Mahlgutes findet durch den Kreuzdurchlaß statt.

Die Walzenstühle für Müllereizwecke sind nicht nur in bezug auf Lage, Zahl, Größe, Antriebsweise und Andruck der Walzen sehr verschieden, sondern sie sind auch häufig mit Anordnungen zu selbsttätiger Abstellung, wenn die Zuführung des Mahlgutes unterbrochen ist, versehen; zuweilen auch mit Kühl- oder Ventilationseinrichtung.[1])

Kollergänge.

Im Anschlusse an die Walzen seien die Kollergänge besprochen, deren Wirkungsweise eine verwandte ist. Bei diesen Maschinen werden gewöhnlich zwei scheibenförmige, große Walzen gleichzeitig über oder auf einem Teller in rollender Bewegung im Kreise herumgeführt; zuweilen drehen sich die Walzen am Orte und der Teller rotiert. Der Durchmesser dieser Walzen ist oft bedeutend, bis 2 *m*, die Abmessung in der Achsenrichtung meist gering, selten über $^1/_2$ *m*.



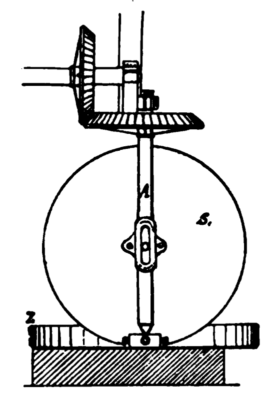


Abb. 186. Kollergang. *B* Bett mit Zarge *Z*, *Aa* Achsen, $S_1 S_2$ Steine oder Mahlscheiben.

Die Kollergänge wirken quetschend und reibend zugleich, weil die Walze nicht nur rollend, sondern auch gleitend sich bewegt, was sich aus den geometrischen Verhältnissen ergibt. Aus vorstehender Abb. 186 ist zu ersehen, daß die vertikale Achse *A* angetrieben wird; mit dieser ist in loser Verbindung ein Doppelarm, welcher als Walzenachse in der Weise dient, daß auf ihn die Achsbüchsen der Walzen aufgeschoben sind. Diese

[1]) Ausführliches findet sich in Kick's Mehlfabrikation, 3. Aufl., Leipzig 1893.

Verbindungen müssen so beschaffen sein, daß die Walzen je nach der Menge des unter sie gelangenden Mahlgutes sich heben können.

Um die zu verkleinernde Substanz stets wieder unter die Walzen zu bringen, sind Streichbretter angebracht, welche die Drehbewegung um die Hauptachse mitmachen.

Zur Pulverisierung von Formsand verwenden manche Gießereien Kollergänge mit nur einem Läufer; statt des zweiten ist ein Schöpfrad angebracht, welches den Sand von der Mahlbahn aufnimmt und durch einen Ausschüttkegel gegen ein kegelförmiges Sieb leitet, welches, zentrisch angebracht, den feineren Sand absiebt, den gröberen wieder auf die Mahlbahn abrollen läßt. Auch hier sind entsprechende Streicher sowohl für den vorerwähnten Zweck, als auch zur Abfuhr des feinen Sandes angebracht. Die Siebfähigkeit des Siebkegels wird dadurch erhöht, daß derselbe Stöße in vertikaler Richtung empfängt.

Bei manchen Kollergängen drehen sich die Walzen am Orte und rotiert dafür der Teller, dessen Antrieb erfolgt von unten.

Die Anwendung dieser Zerkleinerungsmaschine ist eine sehr mannigfache. Kollergänge werden z. B. in Porzellanfabriken zur Zerkleinerung von Feldspat und Quarz, in Papierfabriken zur „Auflösung" der sogenannten Makulatur, in Schokoladefabriken zum Mengen und Verreiben von Schokolade und Zucker (als Melângeur) usw. verwendet und ist dem Zwecke entsprechend die Konstruktion und Dimensionierung bedeutend verschieden.

Kugelmühlen und Rohrmühlen.

Kugelmühlen sind Verkleinerungsmaschinen, bei welchen in der Regel rollende, zuweilen auch aus geringer Höhe fallende gußeiserne Kugeln die Arbeit verrichten. Meist werden die Kugeln dadurch zum Rollen, beziehungsweise zur Wirkung gebracht, daß das Gefäß (Trommel, Hohlzylinder), in welchem sie sich mit der zu zerkleinernden Substanz befinden, in langsame Umdrehung gesetzt wird. Die Tourenzahl ist an die Bedingung geknüpft, daß die Fliehkraft der Kugeln stets kleiner als deren Schwerkraft bleiben muß, denn wird die Fliehkraft größer, so rotieren die Kugeln mit dem Gefäße, an dasselbe angedrückt, ohne auf seiner Innenfläche zu rollen. (Vgl. Sieben, S. 214.)

Die Kugelmühlen eignen sich vorzüglich zur Herstellung feinen Pulvers aus spröden, nicht zu festen Materialien, wie Kohle, Erdarten, Farben u. dgl.

Das Gewicht der Kugeln, welche gleichzeitig meist in verschiedenen Größen in Anwendung kommen, wird gewöhnlich zwischen 100 *g* und 5 *kg* genommen, doch sind auch Kugelmühlen mit nur einer sehr großen Kugel in Anwendung gekommen.

In Gießereien stehen Kugelmühlen meist von der Form in Gebrauch, daß in einer langsam rotierenden zylindrischen Trommel viele Kugeln und die zu verkleinernde Kohle sich finden. Das Austragen der pulverisierten

Kohle ist unbequem. Hierfür hat Hanctin eine Anordnung von kontinuierlicher Wirkung erdacht, welche darin besteht, daß in einem feststehenden gußeisernen Mantel *m* (Abb. 187) von etwa 2 *m* Länge ein gußeiserner Zylinder *C* rotiert, welcher eine große Zahl von Löchern besitzt, in welchen je eine gußeiserne Kugel ihren Sitz hat. Die Kugeln werden durch die Drehung des Zylinders mitgenommen und rollen hierbei auf der Innenfläche des Mantels. An einer Seite des Mantels befindet sich oben der Einlauf, am Gegenende unten der Auslauf. Werden nach Angabe 80 Tourenverwendet, bei einem Zylinderdurchmesser von 370 *mm*, so liegen die Kugeln stets durch ihre Fliehkraft an der Mantelinnenfläche an, rollen aber dessenungeachtet, weil der Mantel feststeht.

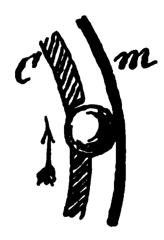


Abb. 187.

Um in einem Falle anzudeuten, wie außerordentlich mannigfach die Ausführungsformen solcher Maschinen sein können, seien in der Anmerkung die Nummern deutscher Reichspatente über Kugelmühlen angegeben.[1])

In neuerer Zeit haben die Kugelmühlen in Verbindung mit den Rohrmühlen in der so wichtigen Zementindustrie[2]) die meisten anderen Zerkleinerungsmaschinen, vom Steinbrecher abgesehen, verdrängt. In den Kugelmühlen soll die Verkleinerung von Walnußgröße (oder Faustgröße) herab auf Wickengröße, in den Rohrmühlen bis zur Staubfeinheit erfolgen. Die Zement verkleinernden Kugelmühlen sind sehr große Trommeln (Durchmesser etwa 2·5 *m*, Breite etwa 1·3 *m*) deren Innenfläche von der Zylinderform durch Absätze bildende Segmentflächen derart abweicht, daß die Kugeln auch durch sehr geringe Höhen fallen. Es sind ferner Siebe so eingesetzt, daß die Teilchen von etwa Wickengröße ausgesiebt werden.

Die Rohrmühlen sind lange, horizontale Zylinder ($D = 1{\cdot}5\ m$, Länge $= 6\ m$), welche mit Feuersteinkugeln, wie selbe an der Nord- und Ostsee in Menge sich finden, zur Hälfte gefüllt sind. Die Zuführung erfolgt stetig durch den Hohlzapfen der Stirnseite, die Abfuhr des staubfeinen Produktes ebenfalls stetig am Zylinderende. Die Leistung der von Davidson erfundenen Rohrmühle beträgt stündlich bei einem Kraftverbrauche von 30 Pferdekräften zirka 3000^K Zementmehl, von welchem 95% durch das 5000 Maschensieb gehen. Der Abrieb der Flintsteine beträgt kaum 1^K auf 1000^K Zement und ist auf die Güte des Zements von keinem Einflusse.[3])

---

[1]) 795, 10.700, 16.174, 21.826, 22.846, 23.069, 34.167, 36.858, 39.066, 42.365, 43.676, 45.583, 47.477, 49.750, 51.039, 53.382, 53.592, 55.335, 56.163, 61.938, 62.757, 62.871, 64.466, 66.444, 69.376, 71.916, 71.919, 75.041, 76.031, 80.411, 80.549, 81.500, 84.325, 84.510, 88.077, 89.885, 90.339 usw.

[2]) Siehe Karl Naske: Die Portlandzementfabrikation, Leipzig, Theod. Thomas, 1903 (S. 140 bis 144 und 153 bis 157).

[3]) Kugelmühlen und Rohrmühlen bauen: Friedr. Krupp (Grusonwerk), Magdeburg-Buckau; Herm. Löhnert, Bromberg; Ganz & Komp., Leobersdorf u. a.

Absetzen der Trübe, d. i. des im Wasser gleichmäßig verteilten Pulvers, in einer Reihe von Gefäßen, welche hintereinander in Verwendung treten. Man leitet die Trübe in das erste Gefäß, läßt durch eine gewisse Zeit absetzen; zieht hierauf durch heberartig wirkende Röhren oder durch ein im entsprechenden Abstande über dem Boden angebrachtes Auslaufrohr die Flüssigkeit in das zweite Gefäß ab, läßt in diesem wieder absetzen usw.

Je feiner die Teilchen, desto langsamer sinken sie zu Boden, man erhält daher im ersten Gefäße die gröbsten Teilchen, im zweiten minder grobe usw., im letzten Gefäße die feinsten Teilchen.

In dieser Weise sortiert man feine Schleifpulver, Graphit, Mineralfarben usw. Auch der Ton für bessere Tonwaren muß einer Schlämmung unterzogen werden, um ihn von Sand und feinen Steinchen zu trennen.[1])

Verwendet man zum Absetzenlassen nicht mehrere aufeinander folgende Gefäße, sondern nur ein Gefäß oder eine Grube, so wird man Material verschiedener Feinheit übereinander gelagert erhalten und die spätere Trennung wird nur unvollkommen durch schichtenweises Ausheben erfolgen können.

B. Sonderung nach dem spezifischen Gewichte.

Alle Verfahren zur Sortierung der Teilchen nach dem spezifischen Gewichte setzen eine vorhergehende Sonderung nach der Größe voraus, welche durch Sieben erfolgt. Rüttelt man in einem Kasten Stückchen gleicher Größe, aber verschiedenen spezifischen Gewichtes, so setzen sich die spezifisch schweren Teile unten, die spezifisch leichten oben. Gibt man dem Gefäßboden eine schwach geneigte Lage oder stuft man ihn ab, so kann dies der Sonderung förderlich sein. Auf diesem Prinzipe beruhen die Steinauslese-Maschinen, welche die Aufgabe lösen, Getreide von eingemengten korngroßen Steinchen zu befreien.

Sonderung durch Beihilfe von Wasser.

Als Hilfsmittel zur Beförderung der Sortierung kann insbesondere bei der Aufbereitung der Erze das Wasser herangezogen werden und findet hierbei hauptsächlich die Scheidung von Grobkorn durch das Siebsetzen, von Feinkorn mittels der Stoßherde statt.

Füllt man in ein Sieb grobkörnige Massen gleicher Korngröße, aber verschiedenen spezifischen Gewichtes, und bewegt man dieses Sieb vertikal in und aus dem Wasser (Abb. 204), so bewirkt das beim Niedergange durch das Sieb tretende Wasser vorwaltend ein Heben der leichteren Teile, weil sie mit geringerem Gewichte entgegenwirken. Auf maschinellem Wege wird diese Aufgabe kontinuierlich durch die Siebsetzmaschinen verrichtet.

---

[1]) Vgl. Karmarsch-Heeren, Techn. Lexikon, 3. Aufl., Bd. IX, S. 270.

Bei diesen Maschinen kann das Sieb in geeigneter Lage festgestellt sein und das Wasser stoßweise Bewegungen erhalten. Abb. 205 zeigt einen Querschnitt durch eine Siebsetzmaschine, S ist das Sieb, eine Wand scheidet den Raum des Siebes von jenem Raume, in welchem sich Kolben bewegen. Der trogartige Raum unter Kolben und Sieb ist mit Wasser gefüllt; sinkt der Kolben, so steigt das Wasser durch das Sieb aufwärts, steigt der Kolben, so fließt es durch das Sieb ab. Infolge der Wasserbewegung sammelt sich das spezifisch schwerere Korn auf dem Siebe, das leichtere gelangt nach oben. Die schiefe Lage des Siebes (Neigung etwa 5°) bedingt zugleich eine allmähliche Abwärtsbewegung des Materials auf dem Siebe.

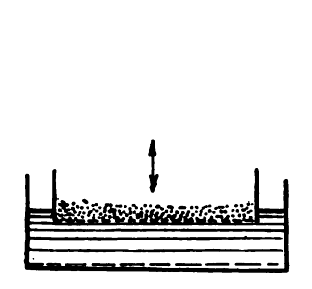


Abb. 204. Siebsetzen.

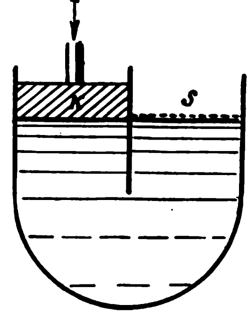


Abb. 205. Siebsetzmaschine (Querschnitt).

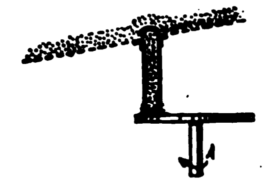


Abb. 206. Austragvorrichtung. Die Achse A des Austragtellers rotiert langsam.

Findet oben kontinuierliche Zuführung statt, und ist für entsprechendes Abführen des gesonderten Materials gesorgt, etwa so wie dies Abb. 206 andeutet, so ist der Betrieb ein kontinuierlicher.

Die Maschengröße des Siebes wird meist so gewählt, daß das zu sondernde Material nicht durch das Sieb fallen kann.

Die Stoßherde sind aufgehängte schwingende Kasten mit schwach geneigtem Boden. An der oberen schmalen Seite und den beiden langen Seiten ist der Stoßherd durch niedere Wände begrenzt, gegen unten offen.

Die schwingende Bewegung kann dem Stoßherde durch Krummzapfen oder Exzenter gegeben werden und hierbei stößt derselbe gegen einen Prellklotz. Über den Boden des Stoßherdes fließt Wasser, welches die feinen Teilchen tauben Gesteines abführt.

Beim Salzburger Stoßherd befindet sich der Prellklotz P am Kopfende (Abb. 207); nach der ganzen Breite fließt Wasser zu und wird mit dem Wasser das zu sondernde Gut eingetragen. Infolge der Stoßwirkung sammelt sich das spezifisch schwerere, feine Korn am Kopfende, das spezifisch leichtere bleibt teils auf dem Herde gegen die untere Seite zu liegen, teils wird es vom Wasser weggespült. Infolge der allmählichen Füllung des Herdes wird die Neigung der Füllungsoberfläche eine größere als jene des Herdbodens ursprünglich war und bedarf durch Regulierung der Hängestangenlänge einer Korrektur. Ist der Herd endlich gefüllt, so

sticht man den Inhalt aus. Den wertlosen Schmand entfernt man zuerst. Gemischtes Gut wird nochmals ebenso am Herde behandelt und das reine Erz vom Kopfende wird der Verhüttung zugeführt.

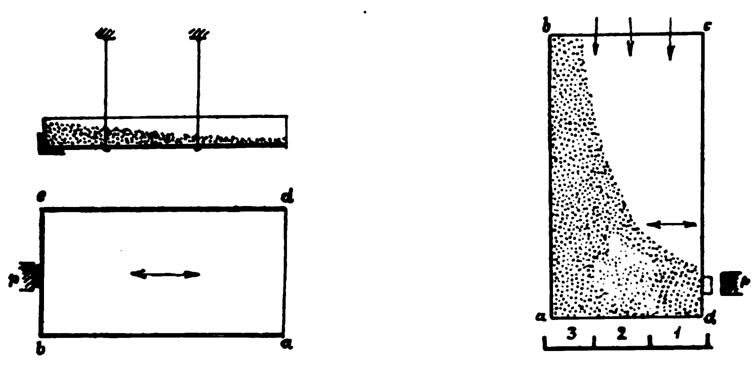


Abb. 207. Salzburger Stoßherd. Abb. 208. Rittinger's Stoßherd.

Bei Rittinger's Stoßherd (Abb. 208) liegt der Prellklotz seitlich, die Zuführung von feinem Gut erfolgt nur auf etwa $^1/_5$ der Breite und können hier mehrere spezifisch verschieden schwere Erze getrennt werden, z. B. Gold, Bleiglanz, Zinkblende, taubes Gestein; das spezifisch schwerste nähert sich dem Prellklotz am meisten. Der Kastenboden besteht aus ebengeschliffenem Marmor.

Elektromagnetische Aufbereitung.

In manchen Fällen kann man sich statt der Siebsetzmaschinen und Stoßherde mit vorzüglichem Erfolge der elektromagnetischen Aufbereitung bedienen, welche John Price Wetherill 1896 erfand und welche durch die Maschinenfabrik Humbold in Kalk bei Köln weiter ausgebildet wurde. Abgesehen von der Verschiedenheit der Form, in welcher diese elektromagnetischen Sonderungsmaschinen ausgeführt werden können, besteht das Wesentliche darin, daß die zu sondernden Materialien in dünner Schichte auf einem endlosen, bewegten Tuche oder Bande unter Elektromagneten hinbewegt werden, deren Magnetfelder hoher Kraftlinienkonzentration gewisse Teile abheben, andere auf dem Tuche liegen lassen. Die abgehobenen Teile bleiben jedoch nicht an den Magneten haften, sondern sie werden durch ein zweites endloses Tuch, welches sich dicht unter den Polflächen quer zur Hauptrichtung hinbewegt, abgeführt. Eine Ausführungsform dieser Maschinen sei durch Abb. 209 schematisch angedeutet. T ist jenes endlose Tuch, auf welches die zu scheidenden, verschiedenes magnetisches Verhalten zeigenden Körnchen in dünner Schicht von Z aus zugeführt werden, N und S sind die beiden Pole des Elektromagneten, t und t' sind gleichfalls endlose Bänder, welche unter den Polen NN' in der Pfeilrichtung hinstreichend, die magnetisch gewordenen, gehobenen Teilchen zu den Gossen G_1 G_2 abführen. Da es möglich ist, die Pole in verschiedenen Abständen vom Zuführtuche T anzubringen, da man auch mehrere Magnete

anwenden kann, so ist es möglich, Materialien verschiedenen magnetischen Verhaltens einzeln von den nicht magnetisierbaren auf derselben Maschine abzuscheiden. So z. B. Spateisenstein und Zinkblende von Kalkspat und Quarz oder Titanerz, Rutil und Monazit (das Tor und Cer enthaltende Mineral) von Quarz. Die Scheideleistung ist eine große, etwa pro Tonne Material ist eine Hektowattstunde erforderlich und ein Mann kann sechs Apparate bedienen. Die Scheidung erfolgt bei verschiedener Korngröße,

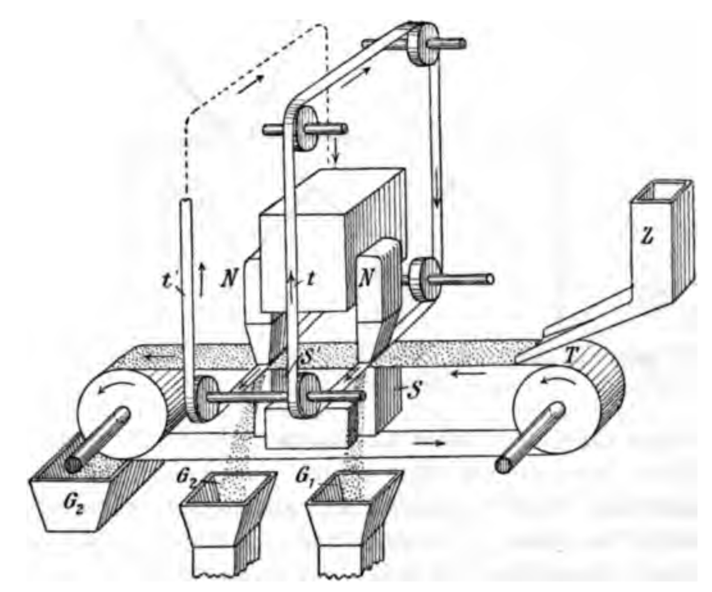


Abb. 209. Elektromagnetische Aufbereitungsmaschine.

daher entfällt das bei Siebsetzmaschinen sonst erforderliche vorgängige Sieben. (Siehe Sitzungsberichte des Vereines für Gewerbefleiß in Preußen 1902, S. 183.)

Sonderung durch Beihilfe von Luft.

Schleudert man Körner gleicher Größe und verschiedenen spezifischen Gewichtes mit gleicher Geschwindigkeit in horizontaler Richtung, so fliegen die spezifisch schwereren Teile weiter, weil ihre größere lebendige Kraft durch den Luftwiderstand nicht so bald vermindert wird, die Flugbahn daher eine flachere ist. Hiervon wird in einfachster Weise, Werfen mittels einer Schaufel, zu dem Zwecke Gebrauch gemacht, das Getreide von leichten Verunreinigungen zu sondern und überdies nach leichteren und schwereren Körnern zu sortieren.

Fallen spezifisch ungleich schwere Körnchen aus einer Spalte und bläst ein Luftstrom (Stoßwind) senkrecht zur Fallrichtung, so werden die spezifisch leichteren Teilchen mehr abgelenkt als die spezifisch schwereren, und insbesondere geschieht dies dann, wenn die spezifisch leichteren Teilchen noch überdies plättchenförmig sind, die anderen kugelig oder polyedrisch (Abb. 210).

Dieses Sonderungsprinzip wurde zur Trennung der Kerngrieße von Schalengrießen und Kleie, d. i. zur Trennung gleich großer Getreidebruchstücke, teils aus dem Inneren des Kornes und teils von den Außenteilchen desselben, verwendet. Die diesbezüglichen Maschinen heißen Grießputzmaschinen; sie können jedoch auch zur Trennung ganz anderen Materials Anwendung finden, z. B. zur Abscheidung plättchenförmigen Graphits von Tonstückchen gleicher Siebgutgröße.

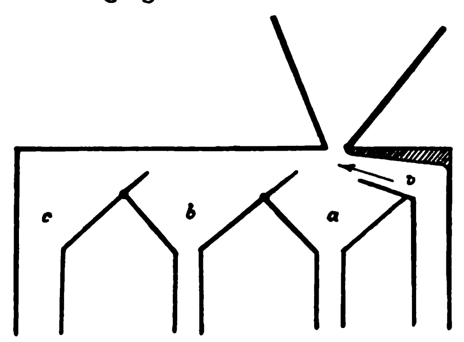


Abb. 210. Wiener Grießputzmaschine mit Stoßwind. Bei *a* sammeln sich die Kerngrieße in *b* Überschlag, in *c* Flugkleie.

Statt des Einblasens eines Luftstromes (Stoßwind) kann auch mittels Saugventilators die Luft aus dem Kasten ausgesogen werden (Saugwind), in welchem Falle durch breitere oder mannigfach verteilte Spalten die äußere Luft in die Maschine eintritt und auf die fallenden Grieße sanfter einwirkt, was insbesondere bei Feingrießen vorteilhaft ist.

Die konstruktive Durchführung kann außerordentlich mannigfach sein, und es gibt Dutzende von Varianten.

Sinnreich ist das von Cabanes zuerst angewendete Prinzip, die Grieße in mäßig hoher Schicht auf ein Rüttelsieb zu führen, den Raum über dem Siebe von jenem unter dem Siebe abzuschließen und die Luft zu zwingen, von unten nach oben durch das Sieb zu streichen, wodurch die leichteren Teile an die Oberseite gelangen, ja sogar bei gewissen neueren Anordnungen von den spezifisch schwereren Teilen abgehoben und abgeführt werden. (Näheres siehe Kick, Die Mehlfabrikation, 3. Aufl., S. 345 bis 374.)

Bewegte Luft zur Scheidung von Erz und taubem Gesteine zu verwenden, wurde mehrfach versucht, doch mit geringem Erfolge, indem bei diesen Materialien das Wasser weit wirksamer ist.

C. Sonderung nach der Gestalt.

Auch bei diesen Sonderungsarbeiten geht meistenteils ein Sieben mit gewöhnlichen Sieben voraus und es handelt sich dann zumeist darum, kugelige Stücke von ovalen oder ellipsoidischen und von scheibenförmigen Stücken zu trennen.

In der Flintenschrotfabrikation sondert man die korrekt kugelförmigen

Schrote von den scheibenförmigen meist durch Anwendung von schiefen Ebenen solcher Neigung, daß die Kugeln abrollen, die fehlerhaften liegen bleiben.

Dasselbe Mittel wendet man auch an, um kugelige Samen von oblongen zu trennen. Ein über Walzen geführtes Tuch ohne Ende (Abb. 211) ist unter solcher Neigung angeordnet, daß nur die kugeligen Samen abrollen und nach *b* gelangen, die anderen liegen bleiben und, durch Bewegung des Tuches mitgenommen, nach *a* gebracht werden.

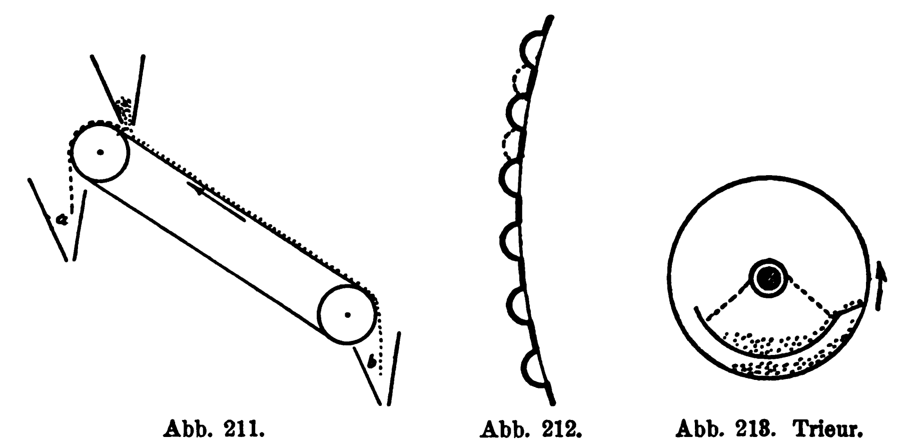


Abb. 211. Abb. 212. Abb. 213. Trieur.

Ein anderes Prinzip ist das des Trieurs, hierbei ist ein etwas geneigter Blechzylinder in Verwendung, welcher zahlreiche kugelsegmentförmige Grübchen enthält (Abb. 212). In diese Grübchen legen sich kugelförmige Stückchen passender Größe, z. B. Wicken ein, während die Getreidekörner sich nicht darin festsetzen. Bei der Rotation des Trieurzylinders werden die kugeligen Stücke ziemlich hoch gehoben und fallen in die Schale Abb. 213, die oblongen Körner werden abgestreift, bleiben unter der Schale und gelangen allmählich gegen die tiefere Seite des Zylinders, wo sie ausfallen, während die kugeligen Samen durch eine Förderschnecke zu einem Auslaufe geführt werden.

D. Trennung nach dem absoluten Gewichte.

Die Sortierung nach dem Gewichte findet bei Münzen, Seidengarnsträhnen und in einigen anderen Fällen Anwendung und wird mittels automatischer Wagen bewerkstelligt. Das hierbei angewendete, von L. Seyß erdachte Prinzip beruht auf der Anwendung selbstätig auf den Wagebalken sich aufsetzender oder von ihm sich abhebender Zusatzgewichte oder Reiterchen, durch welche zeitraubendes Schwingen des Wagebalkens vermieden wird (Abb. 214).

Fällt die zu wägende Münze aus der selbsttätigen Zuführung *Z* in die eigenartig gebildete Wagschale *w* ein, so ist der Wagebalken noch arretiert und wird erst frei, wenn die Münze zur Ruhe gelangt.

Der frei gewordene Wagebalken dreht sich nun in der Uhrzeigerrichtung, wenn die Münze schwerer ist als sie sein sollte, und entgegengesetzt, wenn sie leichter ist. Je nach der Drehungsrichtung gelangt entweder das Reiterchen 1, sodann eventuell auch 2 und 3 oder auf der Gegenseite das Reiterchen 4 zum Abhube, indem diese Reiterehen von den entsprechenden Einschnitten der Stahlplatten abgenommen werden; endlich gelangt der Stift i oder i' zum Anliegen an der entsprechenden Stufe n oder n'. Ist die Münze viel zu leicht oder viel zu schwer, so begrenzt eine dieser Stufen n oder n' die weitere Drehbewegung und nun fällt die Münze durch selbsttätige Verschiebung des Bodens der arretierten Wagschale (Tasche) in den obersten oder untersten Kanal. Sind die Münzen

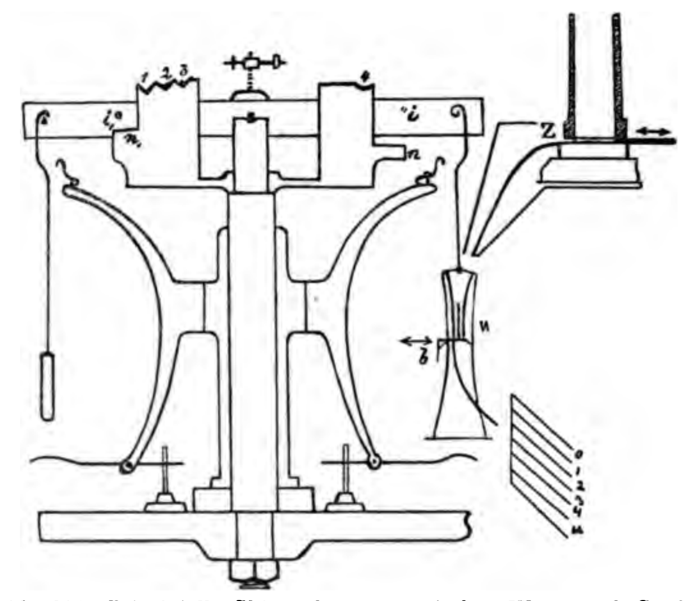


Abb. 214. Prinzipielle Skizze der automatischen Wage nach Seyß.

innerhalb des Remediums zu schwer oder zu leicht, so gelangt der Wagebalken durch Abhub des Reiterchens 1, beziehungsweise 4 annähernd zur Ruhe; es findet die Arretierung der Wagschale, die Verschiebung des Bodens b und das Abgleiten der Münzen in jenen Kanal statt, welcher für die richtigen Münzen bestimmt ist; sind die Münzen über das Remedium oder die Toleranz hinaus zu schwer, so werden sie durch Abhub der Reiter 2 und 3 zunächst noch sortiert, beziehungsweise durch besondere Kanäle abgeführt, da die zu schweren Münzen durch Beschaben rektifiziert werden können und dieses Beschaben je nach dem Grade des Übergewichtes erfolgen kann.

Da alle Stoßwirkungen durch die Arretierungen ausgeschlossen sind und durch Abhub der Reiterchen die Bewegung wesentlich vermindert wird, so kann die maschinelle Abwage einer Münze in 10 bis 15 Sekunden beendet sein. Zu einer Sortiermaschine sind mehrere, etwa zwölf Wagen vereinigt, die gleichzeitig arbeiten und stündlich 2900 bis 4300 Münzen

wiegen, während ein Arbeiter höchstens 900 Münzen abwiegt, ohne dieselben so scharf zu sortieren.

Nach Professor Brauer ist der Wagebalken der Ludwig Seyß'schen Wagen im indifferenten Gleichgewichte und nimmt bei seiner Bewegung die staffelförmig aufgestellten Belastungshäkchen auf. Ist die Münze schwer genug, ein bestimmtes Häkchen noch vollkommen aufzuheben, so geht der Balken weiter bis zum nächst höheren und versucht auch dieses noch zu bewegen, beziehungsweise findet er an ihm die Wegbegrenzung. Hierdurch werden Schwingungen vermieden und Unordnungen, welche entstehen würden, wenn die aus der Tasche gleitende Münze gegen die Zwischenwand zweier Kanäle stoßen könnte.

E. Sonderung nach dem magnetischen Verhalten.

Eisen- und Stahlteilchen können aus Substanzen, welche von Magneten nicht angezogen werden, durch diese entfernt werden. Man wendet hierzu mit Vorteil horizontale rotierende Zylinder mit eingesetzten Magneten an, gegen deren Außenfläche man von oben einen gleichförmigen, nicht zu starken Strom der zu sondernden Substanzen treten läßt. Die Eisenteile bleiben am Zylinder (Trommel) hängen, während die anderen Teile von ihm bei der Drehung abfallen. Die an den Magneten haftengebliebenen Eisenstückchen streicht man von der Trommel an geeigneter Stelle durch eine Abstreichbürste oder dergleichen ab und läßt sie in eine besondere Abteilung des den Magnet-Zylinder umgebenden Kastens fallen.

In dieser Weise sondert man Eisenstifte, Schrauben u. dgl. vom Getreide, Eisenspäne von Bronzespänen u. dgl.

Von der elektromagnetischen Aufbereitung war bereits im Anschluße an die Siebsetzmaschinen und Stoßherde, des gleichen Zweckes halber, S. 215 die Rede. In bezug auf das Sonderungsprinzip gehört das dort Gesagte hierher.

F. Trennung von Flüssigkeiten und fester Substanz.

Diese Trennungsarbeiten finden häufig maschinell durch Zentrifugen, Filterpressen und auch durch andere mechanische Pressen statt. Bei den Zentrifugen oder Zentrifugaltrockenmaschinen wird das Gemenge von Flüssigkeit und fester Substanz, z. B. nasse Garne, Gewebe, Papierhalbzeug, mit Melasse vermengter Kristallzucker u. a., in ein rotierendes Gefäß gebracht, dessen Geschwindigkeit so groß sein muß, daß die Fliehkraft, welche die Flüssigkeitsteilchen erlangen, größer ist als die Kapillarattraktion.

Im wesentlichen ist die Zentrifuge nichts anderes als ein rasch rotierendes Gefäß — „Korb" — durch dessen siebartige Wandungen die Flüssigkeit aus dem dasselbe füllenden Material in einen äußeren Mantel gelangt. Das Prinzip ist also höchst einfach, hingegen der Bau guter Zentrifugen —

wegen der Schwierigkeit dauerhafter Lagerung, gleichförmiger Massenverteilung und bequemen Gebrauches — kein leichter.

Meist ist die Rotationsachse vertikal, ihr Antrieb erfolgt durch Riemen oder Friktionsscheiben und eine Bremse hält nach erfolgtem Zentrifugieren den rotierenden Korb an.

Abb. 215 zeigt eine Zentrifuge mit Antrieb von oben, *k* ist der Korb, *m* der Mantel, *b* die Friktionsbremse. Die interessante Lagerung ist gesondert im Schnitt (Abb. 216) skizziert.

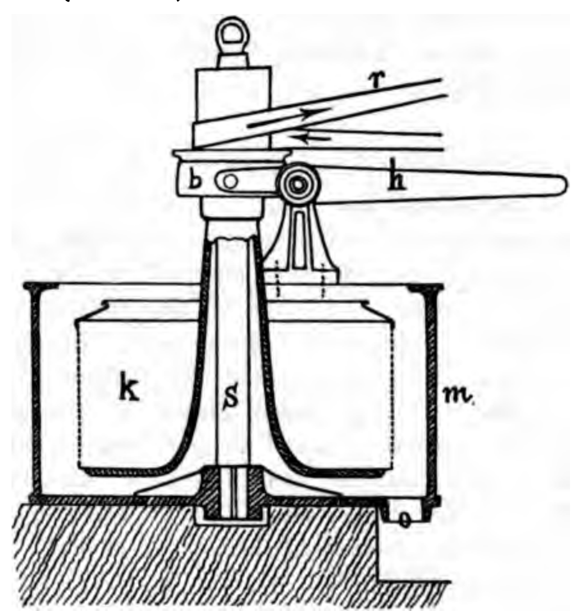


Abb. 215. Zentrifuge oder Zentrifugaltrockenmaschine. *S* festgestellte Säule, *k* Korb, *m* Mantel, *o* Auslauf für die ausgeschleuderte Flüssigkeit, *b* Bremse, *h* Bremshebel, *r* Treibriemen.

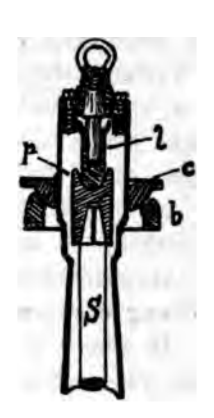


Abb. 216. Schnitt durch das Lager. *p* Pfanne, *l* Lager, *cb* Bremse.

Die Fliehkraft $F = \frac{Gv^2}{gr} = \frac{4\pi^2 Grn^2}{3600}$ ist abhängig vom Radius *r* und der Tourenzahl *n*, insbesondere von letzterer. Indem es schwierig ist, den Korb so gleichmäßig mit auszuschleuderndem Materiale zu füllen, daß sich die Fliehkräfte bezüglich der Achse aufheben, und diese Schwierigkeit mit der Größe des Korbes wächst, so empfiehlt es sich, die Wirkung durch große Tourenzahlen, 1000 bis 1800, bei mäßigen Durchmessern (unter 1 *m*) zu erreichen; die Umfangsgeschwindigkeit der Zentrifuge kann 50 bis 60 *m* betragen.

Hierdurch vermag man Baumwollware, welche bis 180% Wasser aufnehmen kann, in zirka $^1/_4$ Stunde auf 35 bis 32% Wassergehalt auszuschleudern. Seide entläßt das Wasser bis zirka 30%, Leinen bis zirka 25%.[1])

[1]) Über Zentrifugaltrockenmaschinen siehe Grothe, Technologie der Gespinstfasern, Bd. I., S. 116 usw. — Ferner Deutsche Reichspatente, Klasse 45.

Die Zentrifugen werden auch mit Vorteil zur Trennung von Emulsionen verschiedenen spezifischen Gewichtes verwendet. Die Milchzentrifugen bewirken, daß sich die spezifisch schwerere Magermilch gegen den Umfang, die leichtere Sahne (Obers, Schmetten) näher an der Rotationsachse ablagert. Diese Maschinen sind für fortgesetzten Betrieb eingerichtet. (S. Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, Bd. 6, S. 147.)

Filterpressen sind Vorrichtungen, bei welchen das Gemenge von viel Flüssigkeit mit verhältnismäßig wenig fester Substanz mittels Pumpen in Filtersäcke gepreßt werden kann, welche Säcke durch geeignete Fassung befähigt sind, den Flüssigkeitsdruck auszuhalten. Abb. 217 zeigt schematisch eine solche Anordnung. *p* sind die Platten, welche die Säcke *s* umschließen, *R* ist das Zuleitungsrohr der zu filtrierenden Flüssigkeit, *a* die Ablaufrohre der von der festen Substanz befreiten Flüssigkeit.

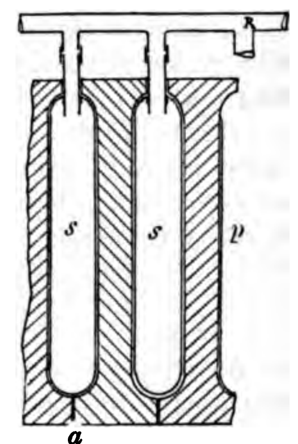


Abb. 217. Filterpresse.

Die Filterpressen sind entweder Kammer- oder Rahmenpressen. Erstere bestehen, wie bereits angedeutet, aus einem System ausgehöhlter längs den Rändern dicht aneinander schließender Platten mit vertikalen Riefen oder Rinnen, welche gegen unten mit Ausläufen in Verbindung stehen. Zwischen je zwei Platten kommt ein Filtersack oder entsprechend zusammengelegtes Filtertuch zu liegen, welches einen Hohlraum bildet, in den das zu Filtrierende eingepumpt werden kann. Das Zuleitungsrohr kann entweder außerhalb der Platten oder doch außerhalb der Filter angeordnet sein oder zentrisch in das Innere gelegt werden, in welch letzterem Falle alle Platten und Filter entsprechende zentrische Durchbrechung und gegenseitige Abdichtung aufweisen. Es wird zumeist mit $1^1/_2$ bis 3 Atmosphären gepreßt. Die Flüssigkeit durchdringt das Tuch, fließt in den Rinnen der Platten ab und wird durch Hähne nach auswärts geleitet, während die feste Substanz (der Schlamm) im Filter sich sammelt und schließlich in Kuchenform entfernt werden kann.

Bei den Rahmenpressen sind die beiden gefurchten Flächen der Platten mit gelochtem Eisenblech — Sieb — belegt und wird zwischen je zwei solche Siebplatten ein leerer Eisenrahmen eingesetzt. Die Platten werden mit Filtriertuch überzogen und nach dem Aneinanderpressen der ganzen Folge von Platten und Rahmen wird in den von Tuch umschlossenen Hohlraum die Flüssigkeit eingelassen. Der Schlamm bleibt zwischen den Filtriertüchern, während die reine Flüssigkeit durch das Tuch und die Öffnungen der Metallsiebe abfließt.

Die späteren Abänderungen an den Filterpressen beider Systeme (von Trinks, Dehne, Kroog, Čižek u. a.) bestanden in Erhöhung der Leistungsfähigkeit, besserer Abdichtung der Saft- und Wasserkanäle durch Gummi-

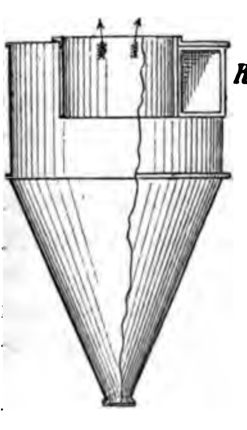
ringe, automatischer Entluftungsvorrichtung, hydraulischem Verschlusse der Presse, Anbringung sämtlicher Kanäle außerhalb der Filterfläche, so daß Tücher ohne Löcher angewendet werden können u. a. m.[1])

Bei der Arbeit mit der Filterpresse gilt als Hauptbedingung die Reinhaltung aller Durchgänge und der Filterflächen, sowie die sorgfältigste Überwachung, daß die beim Anlassen der Presse oder beim Reißen eines Tuches trüblaufenden Hähne sofort geschlossen werden.

Bezüglich der Trennung von fester Substanz und Flüssigkeiten durch Pressung ist zu bemerken, daß auch hier das Auspressen gewöhnlich in der Weise erfolgt, daß die nasse Substanz in Preßsäcke gefüllt, mit diesen einem kräftigen Drucke ausgesetzt wird, zu dessen Hervorbringung Pressen sehr verschiedener Anordnung, Hebel-, Schrauben- und insbesondere hydraulische Pressen, verwendet werden. Diesbezüglich sei auf die eingehenden Artikel „Pressen" in Karmarsch-Heeren's technischem Wörterbuche, III. Aufl., Bd. 7, S. 20 bis 59, und Weißbach's Ingenieur- und Maschinenmechanik, bearbeitet von Professor Gustav Herrmann, Bd. 2, S. 701, verwiesen.

G. Trennung von Staub und Luft.

Je nach der Feinheit des in der Luft enthaltenen Staubes läßt sich die Abscheidung entweder durch kreisende Bewegung der Staubluft in einem Gefäße oder durch Anwendung von Filtertüchern erreichen; erstere Trennungsweise erfolgt bei gröberem Staube in einer Zyklon genannten Vorrichtung. Die Staubluft wird tangentiell in den oberen zylindrischen Teil des sonst kegelförmigen Gefäßes eingetrieben, die mitgeführten Staubteile setzen sich größtenteils durch Fliehkraftwirkung an dem Blechmantel ab und gleiten an ihm abwärts, während die von allen gröberen Staubteilchen gereinigte Luft durch das zentrische Rohr aus dem Zyklon entweicht. Der Staub wird in Säcken gesammelt (Abb. 218).



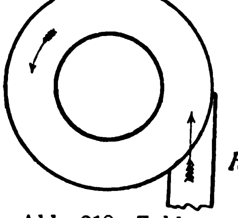


Abb. 218. Zyklon.

Wendet man Filtertuch (Flanell oder dergleichen) an, so kann die Anordnung außerordentlich mannigfach disponiert sein.[2])

Mag das Filtertuch als Sack, ebene Wand, sternförmig oder als endloses Tuch angeordnet sein, immer wird sich dasselbe nach kurzem Gebrauche mit Staub dicht belegt haben und einer Reinigung durch Abklopfen bedürfen.

Es gilt die Konstruktion so durchzuführen, daß der beim Abklopfen fallende Staub nicht sofort durch

[1]) Siehe das österr. Privilegium des Herrn Ivan Čižek vom 13. August 1884.
[2]) Siehe Dinglers polyt. Journal, Bd. 269, S. 25.

die Luftbewegung wieder an das Tuch angetrieben wird, sondern aus dem Staubsammler entfernt wird. Wird die Luft z. B. in das Innere eines ausgespannten Sackes getrieben, derart, daß der unten offene, oben geschlossene und mit der Spannvorrichtung verbundene Sack über einer Öffnung des Staubluftkanales angeordnet ist, so muß beim Abklopfen, welches durch Nachlassen und Spannen des Sackes in mehrmaligem Wechsel geschieht, die untere Öffnung durch Heben eines Staubabführtrichters geschlossen werden. Es stehen hierbei mehrere Säcke mit dem Staubluft führenden Kanale in Verbindung, welche abwechselnd in regelmäßigen Zwischenräumen automatisch abgeklopft werden.

Treibt man Staubluft in größere Räume, so findet die Staubablagerung wohl in einfachster Weise statt, aber bei organischem Staube (Holz- oder Mehlstaub) sind solche Räume sehr gefährlich, weil solche Staubluft entzündlich und explosibel ist.

III. Mengungsarbeiten.

Auch die Arbeiten des Mengens oder Mischens sind mannigfach, je nachdem es sich um die innige Mischung verschiedener Pulver oder das Mengen von fester Substanz mit verhältnismäßig wenig Flüssigkeit oder das Verteilen von fester Substanz in viel Flüssigkeit handelt.

Zum Mischen größerer Mengen pulverförmiger Substanzen verwendet man hauptsächlich zwei prinzipiell verschiedene Systeme von Mischmaschinen; solche mit Streutellern und mit Walzen.

Bei den Mischmaschinen mit Streutellern oder Wurfscheiben werden die zu mengenden Pulver (Erdfarben, Mehl u. dgl.) in dem beabsichtigten Mischungsverhältnisse in eine entsprechend große Gosse gegeben, aus welcher die Substanzen auf eine unterhalb der Auslauföffnung der Gosse angebrachte rasch rotierende Scheibe fallen, welche meist mit vertikalen kurzen Zapfen besetzt ist und die zu mengenden Pulver rundum ausschleudert. Diese Wurfscheibe (Streuteller) ist entweder nahe der Decke eines Zimmers oder nahe der Decke eines im Grundriß quadratischen Kastens angebracht. Die Anordnung wird vorteilhaft in zwei, ja drei Etagen derart ausgeführt, daß der untere Teil der obersten Etage als Gosse für die nächst tiefere Abteilung, beziehungsweise für den zweiten Streuteller gestaltet ist usw. Die Mengung ist eine gute, der Raumbedarf aber groß.

Die Mischmaschinen mit Walzen sind so gebaut, daß in einen parallelopipedischen Kasten die zu mengenden Pulver eingefüllt werden, gegen unten verengt sich der Kasten gossenartig und unter dem breiten Auslaufe sind zwei Walzen angeordnet, welche das Pulver abführen und gegen eine unter den Walzen angebrachte Förderschnecke (Mehlschraube) fallen lassen. Diese führt das Pulver einem Elevator (Paternosterwerke) zu, welcher es hebt und oben neuerlich in den Kasten fallen läßt. Da bereits aus dem ersten Teile (s. S. 10) bekannt ist, daß die Bewegung der ein zylindrisches oder prismatisches Gefäß füllenden Teilchen beim Ausflusse aus

einer Bodenöffnung mit ungleichen Geschwindigkeiten, also mit Verschiebung der Schichten erfolgt, und im vorliegenden Falle lockerer Füllung diese Schichtenverschiebung noch durch über den Walzen eingelegte Gleitflächen befördert werden kann, so ist die Wirkung wohl erklärlich.

Zum Mengen von Pulvern mit so geringen Flüssigkeitsmengen, daß eine teigige Masse entsteht, wendet man Teigknetmaschinen an, welche zumeist mittels eigentümlich gestalteter Flügel, deren zwei gegeneinander arbeiten, das Mengen besorgen. Die Form der Flügel wird mannigfach abgeändert und werden diese Maschinen auch in den verschiedensten Größen gebaut, die kleineren z. B. für Glaserkitt (Bergkreide und Leinöl)

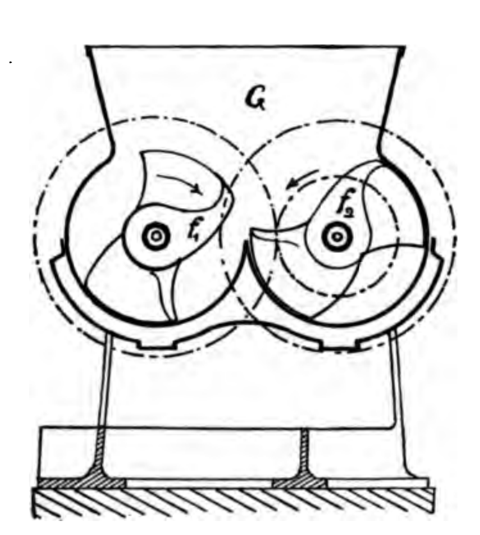




Abb. 219. Vertikalschnitt einer Knetmaschine. G Knetgefäß, $f_1 f_2$ Flügel.

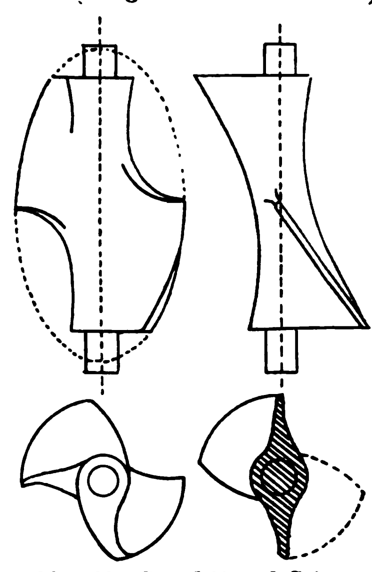


Abb. 220. Grundriß und Seitenansicht der Flügel.

mit Handbetrieb, die größeren mit Riemenbetrieb. Abb. 219 und 220 zeigen eine solche Maschine, um deren Einführung sich die Maschinenfabrik Werner & Pfleiderer in Kannstadt (Württemberg) verdient gemacht hat.

Den Knetmaschinen ähnlich wirken Walzen und Kollergänge. Durch diese bereits bekannten Mittel werden sehr innige Mengungen erzielt, doch ist die Leistung eine geringere. Der sehr kräftig wirkenden Walzen bedient man sich in Kautschukwarenfabriken und wendet hierbei erwärmte Walzen an; kleiner Kollergänge, Melangeurs, bedient man sich in der Schokoladefabrikation.

Mischmaschinen zum Verteilen von fester Substanz in viel Flüssigkeit sind meist Rührwerke. In das meist zylindrische Mischgefäß ist eine vertikale Welle mit daran befestigten Armen eingesetzt, welche mit mäßiger Tourenzahl gedreht wird.

Hierher gehören die in Schlämmereien zu dem Zwecke der Bildung der „Trübe“ angewendeten Rührwerke, die Bütten der Papierfabriken, in welchen Papierzeug (Ganzzeug) in viel Wasser gleichmäßig verteilt wird, die Maischbottiche der Bierbrauereien und ähnliche Vorrichtungen.

V. TEIL.

Von den Arbeiten zur Änderung der Gestalt oder den Formänderungsarbeiten.

Zu den Formänderungsarbeiten gehören das **Gießen**, die **Hammerarbeit** und das **Schmieden**, das **Walzen**, **Ziehen**, **Pressen**, **Stanzen**, **Prägen** und jene Arbeiten, bei welchen die Form des Werkstückes durch Abtrennen von Spänen verändert wird, wie das **Drehen**, **Bohren**, **Hobeln**, **Feilen**, **Fräsen** und **Schleifen**.

I. ABSCHNITT.

Das Gießen.

Von der Gießbarkeit als einer wichtigen Arbeitseigenschaft sprachen wir bereits im ersten Teile (vgl. S. 6).

Alle jene Operationen, welche erforderlich sind, Metalle oder andere feste Körper in flüssigen Zustand zu bringen, in **Formen** zu gießen, in denselben erstarren oder erhärten zu lassen und hierauf in der so erlangten Gestalt (als **Gußstück**) aus der Form zu nehmen, bilden zusammen die **Gießerei**.

In bezug auf das Material, welches zum Gusse verwendet wird, unterscheidet man die Eisengießerei, die Bronze-, Messing-, Blei-, Zinn-, Gips-, Zementgießerei usw. Die Tombakgießerei wird auch als Rotgießerei, die Messinggießerei als Gelbgießerei bezeichnet.

Die zum Gusse benützten Metalle können in verschiedenen Öfen eingeschmolzen werden und in dieser Beziehung wird Tiegelguß, Flammofenguß, Kupolofenguß unterschieden.

Die Form, in welche gegossen wird, und deren Hohlraum durch das geschmolzene Material ausgefüllt wird und dadurch die Gestalt des Gußstückes bedingt, kann gleichfalls aus sehr verschiedenen Materialien bestehen, als: Sand, Masse (Gemenge aus Sand und Lehm), Lehm, Eisen, Messing, Stein, Holz, Papier usw.

Diesbezüglich unterscheidet man, namentlich als Arten des Eisengusses, den Sand-, Masse- und Lehmguß.

Sand und Masse werden meist in Rahmen, „Kasten“ oder „Flaschen“ als Formmaterial angewendet und daher rührt die Benennung Kasten- oder Flaschenguß.

Eiserne und überhaupt metallene Formen, Schalen genannt, geben Veranlassung zur Benennung Schalenguß.

In Bezug auf die Gestalt oder die Art des Gußstückes sind die Beziehungen: Kugel-, Räder-, Topf-, Lettern- oder Schriftgießerei, Kerzengießerei u. dgl. im Gebrauch. Unter Kunstguß versteht man die Herstellung von Figuren durch den Guß.

So mannigfach auch die Arten der Gießerei sind, so lassen sich doch gewisse Grundsätze angeben, welche das Verständnis des Vorganges erleichtern.

Das zum Gießen taugliche Metall muß beim Erstarren dichte Gußstücke liefern und die Form vollständig ausfüllen. Dieser Bedingung widersteht das Kupfer. Die Erlangung dichter Güsse erheischt übrigens bei allen Metallen die Beobachtung gewisser Vorsichten. Der Grad der Erhitzung des geschmolzenen Metalles muß der richtige sein. Ist das flüssige Metall bedeutend über seinen Schmelzpunkt erhitzt, so entsteht meist blasiger Guß. Hingegen würden leichtflüssige Metalle, in Formen gegossen, welche die Wärme gut leiten, erstarren, ehe sie die Form vollständig ausfüllen, wenn man sie nicht überhitzte oder die Form nicht annähernd bis zum Schmelzpunkte des Metalles vorgewärmt hätte. Es richtet sich die erforderliche Temperatur des flüssigen Metalles daher nicht nur nach diesem, sondern auch nach dem Material, der Gestalt und dem Grade der Vorerhitzung der Form. Die Form muß der Luft den Abzug gestatten, zu welchem Zwecke dieselbe entweder aus einem luftdurchlässigen Material (magerer Sand) bestehen oder mit Luftabzügen (Windpfeifen) versehen sein muß. Unnötige Überhitzung ist auch der meist eintretenden Oxydation wegen zu meiden. Zink und Zinklegierungen (Messing, Tombak) veranlassen überhitzt die Bildung von Zinkdampf. Dieser verbrennt zu Zinkoxyd, einen Rauch aus weißen, leichten Flocken bildend; Zinklegierungen werden überhitzt ärmer an Zink, und dies um so mehr, je länger die Überhitzung dauert.

Das vollkommene Ausfüllen der Form hängt von der Dünnflüssigkeit des Metalles ab. In dieser Beziehung zeichnet sich graues Roheisen (Gußeisen), insbesondere phosphorhaltiges, und Zink besonders aus und liefern diese Metalle daher vorzüglich reine Güsse. Denselben kommt noch weiter die Eigenschaft zu, daß sie sich unmittelbar vor oder bei dem Erstarren etwas ausdehnen (quellen) und hierdurch die Formen um so besser ausfüllen.

Im allgemeinen folgen die Metalle dem Gesetze, sich beim Erwärmen auszudehnen, beim Erkalten zusammenzuziehen. Aus diesem Grunde ist das erkaltete Gußstück stets kleiner als der Hohlraum der Form. Diese Volums-

verminderung nennt man Schwinden und die lineare Zusammenziehung Schwindmaß.

Das Schwindmaß beträgt bei Gußeisen durchschnittlich 1%, bei Stahl 1·8%, bei Messing und bei zinkhaltiger Bronze 1·6%, reiner Bronze 0·8%, Zink 1·3%, Zinn 0·7%. Um Gußstücke von genauen Abmessungen zu erhalten, muß das Schwindmaß speziell ermittelt werden. Mit Rücksicht auf dasselbe müssen die Formen und daher auch die Modelle zur Herstellung der Formen größer gehalten werden. Man bedient sich deshalb in den Modelltischlereien und Gießereien eigener Schwindmaßstäbe, deren Teilung um den Betrag des Schwindmaßes größer ist, als jene der gewöhnlichen Maßstäbe.

Durch das Schwinden vermindert sich die Größe des Gußstückes im allgemeinen. Es kann aber das ungleichzeitige Erstarren das Nachfließen noch geschmolzenen Materials zu Stellen, wo bereits die Volumsverminderung eingetretren ist, zur Folge haben und hierdurch können je nach der Form des Gußstückes an gewissen Stellen Löcher oder Vertiefungen entstehen. Diese Erscheinung bezeichnet man durch den Ausdruck Saugen, und falls dasselbe sich darauf beschränkt, aus dem Anguß oder Gußzapfen Material nachzuziehen, durch Nachsacken. Findet die Zusammenziehung derart statt, das ebene Platten krumm, oder Teile, welche eine bestimmte Krümmung haben sollen, eine andere annehmen, so heißt dies Werfen.

Durch die richtige Wahl des Metalles, d. h. z. B. eines solchen Gußeisens, welches die üble Eigenschaft des Werfens nicht besitzt, durch entsprechende Erhitzung desselben, bei Schalenformen für Zinnguß durch geeignetes Vorwärmen dieser, ferner durch Anwendung hoher Angüsse (Gußzapfen) trachtet man korrekte Gußstücke zu erzielen.

Das Schwinden kann bei großen, nicht genügend nachgiebigen Formen (z. B. Lehmformen) auch ein Reißen des Gußstückes zur Folge haben, welches bei großen Stücken durch Anwendung porösen, zusammendrückbaren Formmaterials, wohl auch durch Ausziehen von Keilen nach dem Erstarren, welche Keile Teile der Form bildeten, verhindert wird. Bei manchen kleinen Stücken öffnet man die Form nach dem Erstarren und vor der weiteren Abkühlung.

Beim Schmelzen der meisten Metalle und Legierungen bildet sich durch Oxydation oder durch Verschlackung beigemengter Teile eine Schlacke (bei Zinn „Asche“, bei Gold „Krätze“), welche sich auf der Oberfläche der Gußpfanne oder des Tiegels sammelt und deren Eintreten in die Form beim Gusse durch Abstreifen oder durch Vorsetzen eiserner Schienen u. dgl. verhindert werden muß. Das Eingießen des geschmolzenen Metalles muß in gleichmäßigem, ununterbrochenem Strome geschehen, weil bei Unterbrechungen leicht kaltgüssige (unganze) Stücke entstehen.

Die Form, in welche gegossen wird, soll dauerhaft und scharf sein, d. h. mindestens einen reinen Guß liefern. Im allgemeinen, insbesondere aber bei Eisenguß, ist es wünschenswert, wenn das Material der Form ein schlechter Wärmeleiter ist, weil dadurch das Erstarren allmählicher und

gleichmäßiger geschieht und bei Eisenguß ein im Bruch graues, gut bearbeitbares Gußstück erhalten wird. Aus diesen Gründen und aus ökonomischen Rücksichten wendet man für Eisen-, Bronze- und Messingguß meistens Sand-, Masse- oder Lehmformen an. Kanonen, wenn aus Bronze gegossen, bedürfen jedoch eiserner Formen, welche rasche Erstarrung bedingen; denn nur hierdurch wird das Gußstück in seiner Masse gleichförmig. Bei langsamem Erstarren scheiden sich Legierungen verschiedenen Zinngehaltes ab, welche den Gasen des Explosivs ungleichen Widerstand entgegensetzen. Das Material der Form muß das Herausheben des Gußstückes gestatten und darf nicht an dasselbe anschmelzen.

Die Form ist entweder eine bleibende oder verlorene.

Bleibende Formen gestatten wiederholte Güsse und bestehen aus Gußeisen, Schmiedeeisen, Messing, Sandstein, Schiefer usw., je nach dem Schmelzpunkt des Metalles, welches gegossen wird; sie sind zwei- oder mehrteilig. Verlorene Formen dienen nur einem Gusse und werden aus Sand, Masse und Lehm hergestellt, entweder mit Zuhilfenahme eines Modelles oder einer Schablone oder durch Modellieren.

Die Arbeiten des Gießers zerfallen in:

1. Die Herstellung der Form oder das Formen.
2. Das Schmelzen des Metalles und das Gießen.
3. Die Appretur des Gusses.

Das Formen.

Für die den Techniker zumeist interessierende Eisengießerei werden gewöhnlich Sand-, Masse- oder Lehmformen verwendet.

Der Formsand ist eine Mischung von viel Quarzsand (etwa 96%) mit wenig lehmigen oder tonigen Teilen (etwa 4%), er läßt sich im feuchten Zustande ballen, ohne seine Porosität völlig zu verlieren, und besitzt gestampft Bindung genug, um größeren Pressungen des flüssigen Metalles zu widerstehen.

Der Formsand der Eisengießereien kann mehrmals verwendet werden und kommt durch die später zu beschreibende Manipulation etwas Kohlenstaub in denselben, ja nicht selten wird dem Formsande absichtlich Kohlenstaub zugesetzt, um etwas zu fetten Sand magerer oder etwas zu mageren Sand bindiger zu machen.

Unter Masse ist ein Formsand höheren Tongehaltes zu verstehen; die aus demselben hergestellten Formen müssen vor dem Gebrauche zum Guß getrocknet werden.

Zur Herstellung der Sand- oder Masseformen werden sehr häufig sogenannte Formkasten oder Flaschen benützt, es sind dies eiserne Rahmen meist rechteckiger Gestalt, in welche Formsand unter geeigneter Benützung des Modelles eingestampft wird.

Bei Benützung eines einteiligen Modelles ist der Vorgang folgender: Auf das Formbrett (Abb. 221) wird der Kasten *u* aufgesetzt und Sand ein-

gestampft. Ist das Modell *M* beispielsweise eine Kugel, so wird dasselbe in den mit Kohlenpulver bestaubten Sand bis zur Mittelebene eingedrückt, hierauf der Sand mittelst einer geradkantigen Schiene so abgestrichen, daß seine Begrenzung mit den oberen Rahmenkanten zusammenfällt oder eine Ebene bildet und diese wird mit „Poliereisen“ (s. später) geglättet.

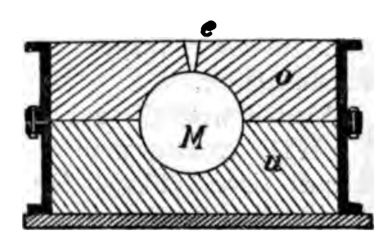


Abb. 221. Formen mit ganzem Modell.

Das Ganze wird nun neuerlich mit Kohlenpulver eingestaubt, hierauf ein zweiter Kasten *o* aufgesetzt, welcher zu dem ersten paßt und mit demselben durch das sogenannte Schloß verbunden ist. In den Kasten *o* wird nun gleichfalls Sand eingestampft, die Oberfläche des Sandes abgestrichen, der Einguß *e* mittels einfacher Werkzeuge entweder aus dem Sande ausgeschnitten oder durch vorheriges Aufsetzen eines konischen Hilfsstückes auf das Modell schon beim Einstampfen mitgebildet.

Hebt man den Kasten *o* nun ab, was infolge des Einstaubens mit Kohlenpulver ohne Mitreißen von Sand aus dem Unterkasten möglich ist, so kann man zum Modell gelangen und dasselbe ausheben, was durch vorhergehendes leichtes Klopfen am Modell erleichtert wird. Wird hierauf Kasten *o* wieder auf *u* gesetzt, so ist die Form zum Gusse bereit.

In ganz ähnlicher Weise können alle Rotationskörper geformt werden. — Prismatische und konische Modelle können stehend, letztere mit der Spitze nach abwärts ganz im Unterkasten eingeformt werden und wird der Oberkasten dann nur als Deckkasten und zur Anbringung der Eingüsse und Luftabzüge dienen.

Bei dem früher besprochenen Einformen der Vollkugel muß genau bis zum Mittelschnitt eingeformt werden, denn sonst wird beim Ausziehen des Modelles aus dem Sande ein Teil desselben bei *r* abgerissen, wie dies Abb. 222 leicht erkennen läßt.

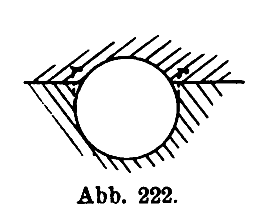


Abb. 222.



Abb. 223.

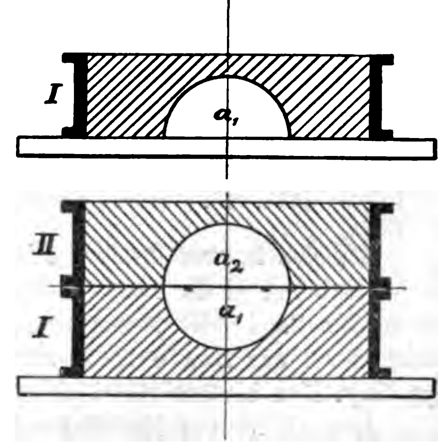


Abb. 224. Formen mit geteiltem Modell.

Hat man viele kleine Gegenstände (Abb. 223) zu formen, so empfiehlt sich die Herstellung einer Modellplatte dann, wenn eine größere Zahl gleicher Formen herzustellen ist; denn das Einformen solch kleiner Modelle nach dem oben bei der Vollkugel besprochenen Vorgange ist zeitraubend. (S. unten bei Formmaschine.)

Eine wesentliche Erleichterung beim Formen kann durch geteilte Modelle erreicht werden. Als einfachstes Beispiel sei abermals das Einformen einer Vollkugel beschrieben. Man legt die Modellhälfte a_1 auf das Formbrett, setzt den Kasten I auf, staubt mit Kohlenpulver ein und füllt und stampft Sand nach und streift ab. Man legt hierauf ein zweites Formbrett auf, faßt die beiden Formbretter samt dem Kasten, wendet um, hebt das Formbrett ab, setzt die zweite Modellhälfte a_2 auf, staubt neuerlich ein, setzt den zweiten Kasten II auf, stampft Sand ein und gleicht denselben schließlich ab. (Abb. 224.) Unmittelbar auf das Modell gibt man häufig feineren Sand, „Modellsand", „Plattiersand", darauf erst gröberen Sand, den „Füllsand".

Damit die beiden Modellhälften genau aufeinander passen, sind entsprechend Löcher und Paßstifte (Schloß) an denselben angebracht. Nach Bildung des Eingußloches wird der zweite Kasten abgehoben, die Modellhälften werden aus der Form entfernt und es erfolgt schließlich die neuerliche Zusammenstellung der Formkasten.

Das Ausziehen der Modellhälften ohne Beschädigung der Form ist durch die Teilung des Modelles nach dem Mittelschnitte wesentlich erleichtert, weil hier die Begrenzungsfläche des Sandes mit der Mittelebene des Modelles zusammenfallen muß. (Abb. 224.)

Dem Eingusse *e* Abb. 221 ensprechend, bildet sich am Gußstücke ein Anguß, Gußzapfen, welcher entfernt werden muß. Damit dies leicht geschehen kann, bildet man den Einguß keilförmig aus, so daß der Anguß mit einer Kante auf dem Gußstücke aufsitzt und leicht abgeschlagen werden kann. Noch besser ist es, den Einguß seitlich zu legen, wo Buchstabe *o* Abb. 221 steht, und in der unteren Ebene des Sandes des Oberkastens den weiteren Zulauf des Eisens in die Form auszubilden.

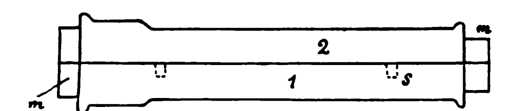


Abb. 225. Geteiltes Modell mit Schloß *s* und Kernmarken *m*.

Soll das herzustellende Gußstück nicht massiv, sondern hohl sein, so ist es nötig, in die Form einen Kern einzusetzen, welcher je nach der Größe aus Sand oder Masse oder aus Lehm gebildet wird. Als einfaches Beispiel sei das Einformen eines Rohres von etwa $^1/_2$ *m* Länge besprochen. Man benützt vorteilhaft ein geteiltes Modell. (Abb. 225.)

Jene Hälfte des Modelles mit den Vertiefungen bei *s* wird auf das Formbrett gelegt, mit Kohlenpulver eingestaubt, der Formkasten daraufge-

stürzt, Sand aufgestampft, sodann wendet man den Formkasten samt dem Modell um, glättet die Oberfläche der Form mittels des Poliereisens, legt die zweite Hälfte des Modelles auf die erste, bestäubt sie, setzt die zweite Formkastenhälfte auf und stampft wie früher den Formkasten aus. Die Kanäle zum Eingießen des Eisens, sowie die nötigen Steigtrichter (Luftabzüge) werden im Sande ausgespart. (Abb. 226.)

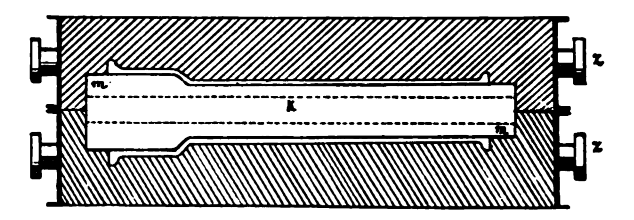


Abb. 226. Form für den Guß eines Rohres. *k* Kern, *m* Kernlager, *z* Zapfen am Kasten zum Heben mittels der Krahnketten.

Nun schreitet man zum Abheben des Oberkastens vom unteren, wendet ihn um, befeuchtet den Sand längs der Kanten des Modelles, klopft und zieht dasselbe aus dem Formmaterial. Die schadhaften Stellen der Form, welche bei noch so vorsichtigem Herausziehen des Modelles entstehen, werden mit Hilfe von Formerwerkzeugen ausgebessert und die Form mit Graphit bestäubt. Ganz dasselbe Verfahren wiederholt sich bei der unteren Formkastenhälfte. Beide zusammen geben den Mantel der Form.

Je nach dem lichten Durchmesser und der Länge des Rohres werden Sand oder Lehmkerne in Anwendung gebracht. Erstere werden in sogenannten Kernkasten hergestellt. Der Kernkasten (Abb. 227) ist zweiteilig und läßt sich der Kern leicht aus demselben nehmen. Bei der beispielsweise gewählten Rohrlänge von 0·5 *m* würde der aus bloßem Sande durch Einstampfen in dem Kernkasten gebildete Kern zu wenig Festigkeit besitzen, selbst dann, wenn man denselben aus Masse herstellte und scharf getrocknet anwendete. Man verstärkt daher den Kern durch ein zentrisch in den Kernkasten eingesetztes Kerneisen, welches ein ganz roh gegossenes, im Querschnitte ziemlich ungleiches, stangenartiges Stück Gußeisen sein kann. Der Kernkasten hat größere Länge als die Höhlung in dem zu gießenden Rohre (die Rohrlänge), die Länge des Kernkastens und daher des Kernes ist gleich der Länge des Modelles, zu welchem zwei Ansätze, die sogenannten Kernmarken *mm* (Abb. 225) gehören. Durch diese Kernmarken werden in der Form zylindrische Vertiefungen gebildet, welche als Auflager für den Kern dienen; zwischen diesen Lagern liegt bei fertiggestellter Form der Kern in dieser frei.

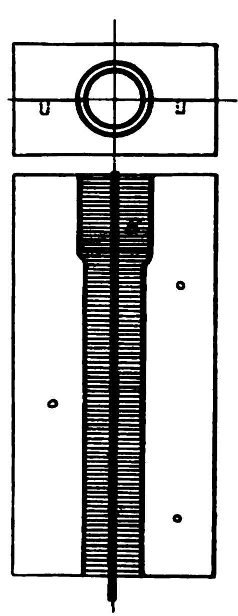


Abb. 227. Kernkasten.

Bei größerer Länge des Kernes kann leicht ein Durchbiegen desselben eintreten, in welchem Falle das Rohr in der Mitte ungleiche Wandstärke erhielte, wie Abb. 228 andeutet. Um dies zu vermeiden, kann man den Kern in der Mitte durch Untersätze (Kernstützen) stützen, welche durch Abb. 229 dargestellt sind.

Große Kerne werden meist aus Lehm gebildet. Über ein mit Löchern zum Luftabzuge aus dem Kerne versehenes Gasrohr werden zunächst Strohseile dicht gewickelt, so daß eine luftdurchlässige Schicht entsteht, hierauf trägt man Lehm mit Sandzusatz (ein Teil Ton, zwei Teile Sand) in dicker Schicht auf. Die äußerste Schicht ist aus Lehm mit etwa nur $^1/_3$ Sand gebildet. Damit man den Kern leicht in korrekt zylindrischer Form herstellt,

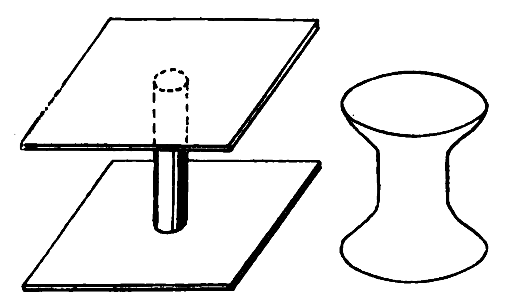


Abb. 228. Abb. 229. Kernstützen aus Blech und aus Gußeisen. Abb. 230. Querschnitt eines Lehmkernes.

ist die Kernspindel in Lager gelegt und kann mittels einer aufgesteckten Kurbel gedreht werden. Ein Streichbrett — Schablone — dessen Kante mit Bandeisen beschlagen ist, wird in entsprechender Lage und in, dem Kernradius entsprechendem Abstande angewendet. Bei der Drehung des Kernes streift es den zu viel aufgetragenen Lehm ab. (Abb. 230.)

Die Kerne werden mit Graphitschwärze überstrichen und in der Trockenkammer scharf getrocknet, hierdurch entstandene Sprünge ausgebessert und sodann neuerlich getrocknet.

In vielen Fällen verlangt man stehenden Rohrguß, weil hierdurch, insbesondere bei Muffenröhren, die Muffe, welche nach unten gelegt wird, sehr dicht ausfällt. Der Kern wird hier über einem großen Kernrohre gebildet, so daß die Lehm-Sand-Schicht keiner bedeutenden Dicke bedarf. Abb. 231 stellt einen Vertikalschnitt durch eine Rohrform dar, wie sie bei der Massenerzeugung von Wasserleitungsröhren angewendet wird.

Schon die gewöhnlichen hölzernen Modelle werden lackiert benützt; einerseits der glatteren Oberfläche wegen, insbesondere aber deshalb, damit die Feuchtigkeit des Sandes kein Quellen und Werfen des Modelles bewirken kann. Bei Massenproduktion wendet man der größeren Haltbarkeit wegen Modelle aus Messing an; so z. B. beim Topfguße. Die Art des Einformens kann aus den Darstellungen der Abb. 232 entnommen werden.

Damit der Kern sicherer am Kasten hängt, erhält letzterer eine Querrippe und werden S-förmige Drähte, welche tief in den Kern reichen, auf

der Querrippe eingehakt. Viele Töpfe sind mit Henkel versehen, welche dem Formen nach obiger Darstellung Schwierigkeit bereiten würden. Man hilft sich dadurch, daß man am Modell die Henkel derart anbringt, daß man sie nach dem Einstampfen des Sandes und Abheben des Oberkastens nach einwärts aus dem Modelle ziehen kann, wie dies Abb. 233 zeigt. Ist dies geschehen, so läßt sich das Modell ohne Schwierigkeit aus der Form heben.

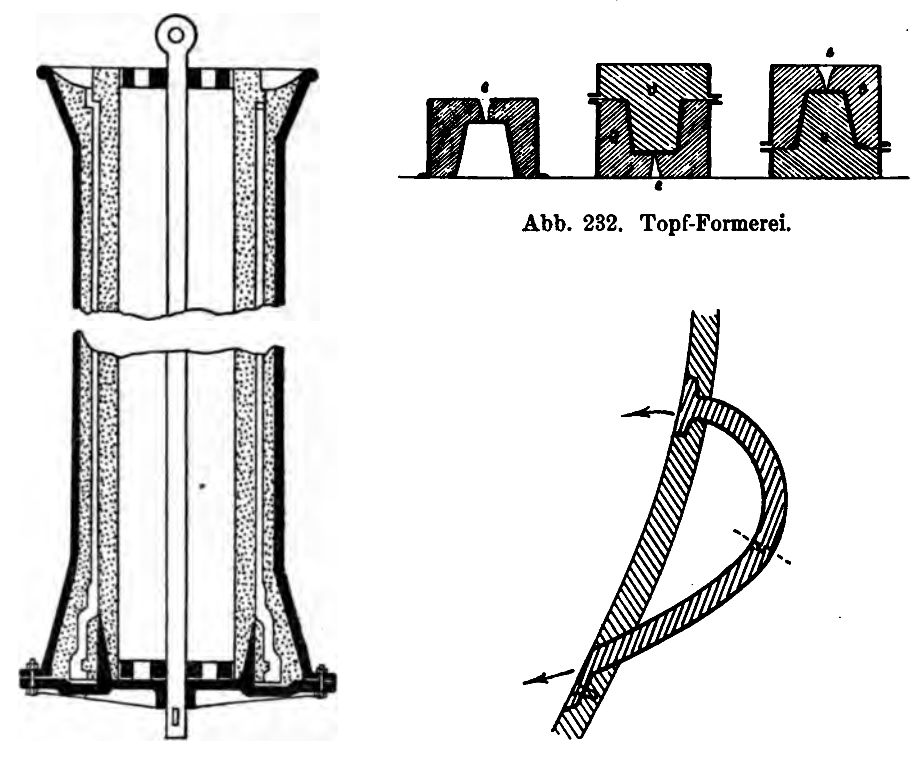


Abb. 232. Topf-Formerei.

Abb. 231. Stehende Rohrform.

Abb. 233.

Um einen Dampfzylinder mit angegossenen Pratzen, welche zur Befestigung des Zylinders an der Fundamentplatte dienen, in einem zweiteiligen Formkasten formen zu können, werden sogenannte falsche Teile oder Keilstücke in Anwendung gebracht. Abb. 234 zeigt den Querschnitt und Abb. 235 den Grundriß der Form. Das angewendete Modell

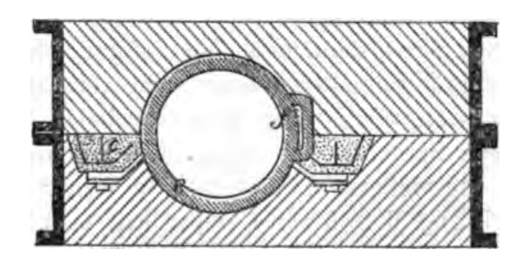


Abb. 234. Form für einen Dampfzylinder (Vertikalquerschnitt).

ist ein zweiteiliges. Nachdem bei *c* der Sand entsprechend der Form der Pratzen herausgehoben, die seitlichen Wandungen des stehen gebliebenen Sandes geglättet und bestäubt sind, setzt man ein schon vorher abgegossenes Kerneisen in den so entstandenen freien Raum und stampft dieses bis zum Mittelschnitt des Modelles mit fettem Sand ein, setzt die weitere Hälfte des Modelles auf die bereits eingeformte, stampft den Oberkasten ein, hebt diesen vom Unterkasten ab und zieht die Hälfte des Modelles aus dem Formkasten. Das gleiche Verfahren wiederholt sich beim Unterteil, nur daß in diesem Falle die Pratzen *g*, *h*, *k*, *l*, Abb. 235, erst vom Modell losgeschraubt werden müssen, um die falschen Teile samt deren Kerneisen abheben zu können.

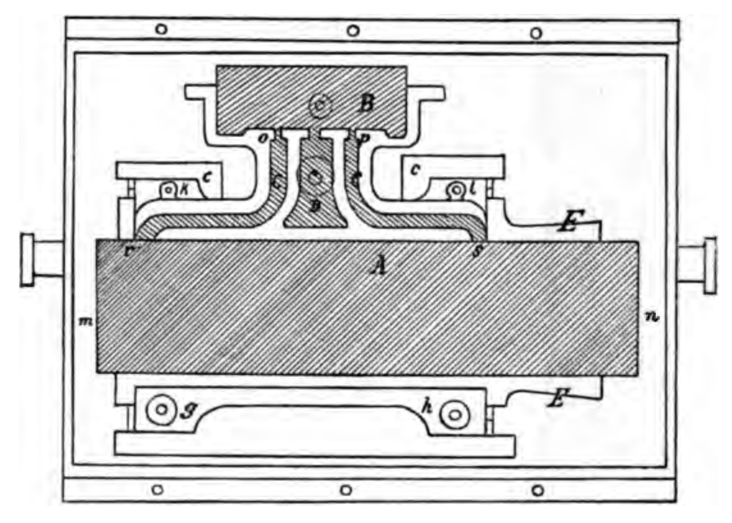


Abb. 235. Grundriß des unteren Formkastens mit eingelegten Kernen.

Schließlich zieht man die freigewordenen Pratzenmodelle aus der Form, bessert letztere, sowie die falschen Teile aus, überstreicht sie mit Graphitschwärze und trocknet die Form in der Kammer gut durch. Die weiter in die Form einzulegenden Kerne *B*, *C*, *D* werden in Kernkästen hergestellt, der zylindrische Kern *A* wird nach Art großer zylindrischer Lehmkerne angefertigt.

Der Lehm für die Kanalkerne muß besonders gut durchgearbeitet und porös sein (mit Vorteil mengt man den dritten Teil Pferde- oder Kuhmist zu), damit die während des Gusses stets sich bildenden Gase durch die im Kern ausgesparten Abzugskanäle leichten Abgang finden. Ist die sorgfältige Herstellung dieser Lehmkerne außer acht gelassen, so wird es vorkommen, daß die Gase, welche dann nicht regelrecht entweichen können, sich durch das noch in der Form flüssige Eisen Bahn brechen und das Gußstück sich bei der weiteren Bearbeitung in seinen Wandungen blasig zeigt. Zur Versteifung der Kerne selbst legt man je nach der Stärke des Kernes in die entsprechende Kernbüchse (Kasten) vorerst etwas Lehm und drückt in diesen ein der Form des Kernes ähnliches Drahtgitter

ein, so daß, nachdem der Lehm bis auf die verlangte Stärke des Kernes aufgetragen wurde, dieses das Gerippe des Dampfkanalkernes bildet.

Die Abzugskanäle der Gase aus den Kernen werden am sichersten durch eingelegte Wachsdrähte ausgespart, welche beim Trocknen der Kerne ausfließen. Der zurückbleibende Draht (Docht) kann dann leicht herausgezogen werden.

Das Einlegen der Kerne bei gut getrockneter Form des Zylinders beginnt mit dem Hauptkerne *A*, hierauf legt man den Kern *B*, welcher nach Abguß des Stückes den innern Raum des Schieberkastens bildet, ein und reiht an ihn und den Kern *A* die beiden Sandkerne *C*, *C*. Diese werden zu ihrer Befestigung einerseits in den Kern *B* in ausgesparten Marken eingelegt, anderseits stumpf an den Kern *A* angeschoben und mittels eingesteckter Kernnadeln (Stipper) an ihm festgehalten. Schließlich wird der Kern *D* des zu bildenden Dampfausströmungskanales eingelegt und ebenfalls durch Marken und Stipper in der Form fixiert. Bei der Versteifung der Kerne untereinander wird man nur an jenen Stellen Kernnadeln (Stipper) in Anwendung bringen, deren Flächen durch Ausbohren oder Behobeln einer Appretur nicht unterliegen, weil die Kernnadeln rasch kühlend auf das Eisen wirken und hierdurch harte Gußstellen entstehen, welche die Werkzeuge stumpf machen. Sind die Kerne, wie erwähnt, eingelegt, der Staub, der sich während des Einsetzens in den Formvertiefungen abgesetzt hat, sorgfältig ausgeblasen, so setzt man den Oberkasten auf den Unterkasten, schraubt die beiden Teile zusammen, und stellt sie dann mit dem Aufgusse *E* (verlorenen Kopf) nach oben in der Dammgrube auf. Nachdem die Form sorgfältig in der Grube mit Sand eingedämmt wurde und die Gase ihren Abzug aus der Form durch Kanäle um die Formkästen erhalten haben, kann zum Gusse des Stückes geschritten werden. Rasches Abgießen bei sonst sorgfältig hergestellter Form, sowie ein reines nicht zu sehr überhitztes Eisen wird einen dichten, porenfreien, gut bearbeitbaren Dampfzylinder liefern.[1])

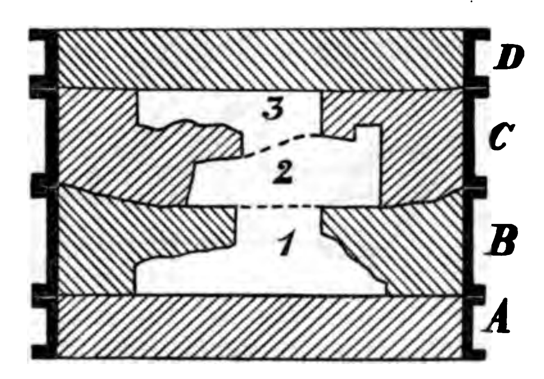


Abb. 236. Schematische Darstellung des Einformens eines dreiteiligen Modelles in vier Formkasten.

Bei komplizierteren Gußstücken ist man nicht selten gezwungen, sowohl mehrteilige Modelle als auch mehrere Formkasten anzuwenden. Die beistehende Abb. 236 zeigt dies schematisch und Abb. 237 an einem

[1]) Nach Gußmeister Bellani, aus Karmarsch-Heeren's technischem Wörterbuche, Bd. 3, S. 127. — Es werden auch Dampfzylinder gegossen, bei welchen der eine Zylinderdeckel mit dem Mantel zugleich aus einem Stücke hergestellt wird. In diesem Falle muß aber die zentrische Öffnung des Deckels genügenden Durchmesser für die bei dem späteren Ausbohren notwendige Einlage der Bohrwelle besitzen.

Wandbohrmaschinenständer, bei welchem überdies noch mehrere falsche Teile (Keilstücke), z. B. bei *f, f*, erforderlich sind, da trotz des dreiteiligen Modelles ohne dieselben das Ausheben der Modellteile nicht anginge.

Bei Abb. 236 ist die Gestaltung der Modellteile 1, 2 und 3 so zu denken, das ein Ausziehen des Modelles senkrecht zur Bildebene ausgeschlossen ist, denn wäre dies möglich, so würde das Modell in jener Stellung einzuformen sein, welche die Anwendung nur zweier Formkasten ermöglicht.

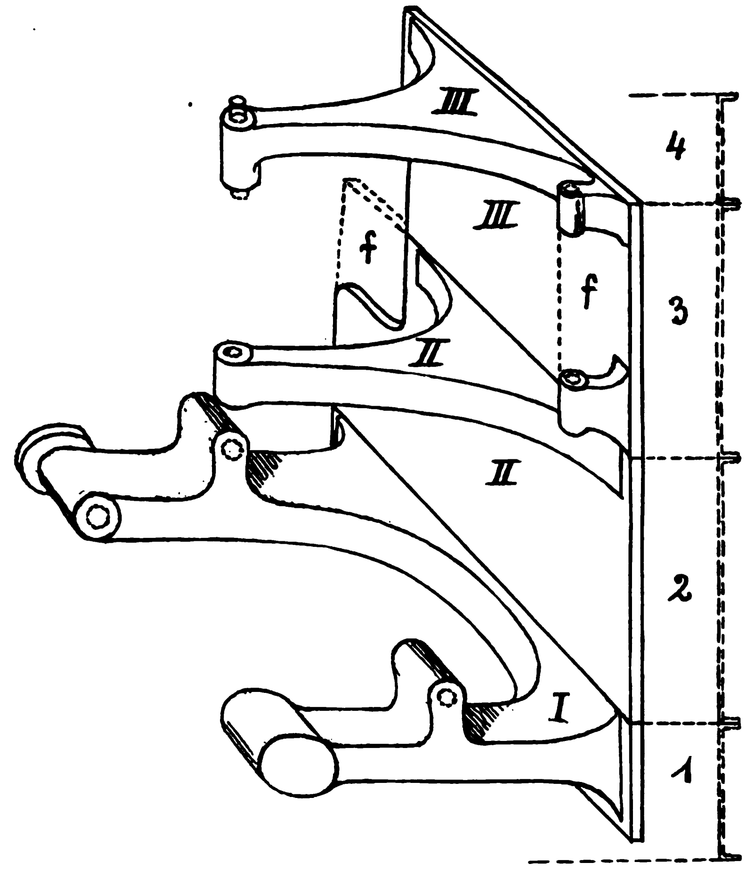


Abb. 237. Dreiteiliges Modell. *f* falsche Teile.

Aus der in beiden Figuren angewendeten Numerierung ist die Reihenfolge des Einformens ersichtlich. Der Kasten 4 (Abb. 237) dient als Boden oder je nach der Lage der Form beim Gusse auch als Seitenwand oder Decke.

Abb. 238 soll andeuten, daß eine Schnur- oder Kettenrolle mit einem als „falscher Teil" wirkenden Massering (3) geformt werden kann.

Im Maschinenbau kommen sowohl Rippenständer als Hohlständer zur Anwendung. Erstere sind leichter zu konstruieren, zu modellieren und zu formen, letztere sind widerstandsfähiger gegen Vibrationen, daher vorzuziehen. Bei den Werkzeugmaschinen alter Bauart trifft man ausschließlich Rippenständer, bei den neueren Ausführungsformen sehr häufig Hohlständer.

Als lehrreiches Beispiel ist in den Abb. 239 und 240*a* nach Tille's Unterrichtsmodellen das Gießereimodell für den Rippenständer und den Hohlständer einer Kreisschere dargestellt. Bei dem Hohlgusse liegt in der Mittelebene des Ständers Material fast nur zur Verbindung der Wände. Das Hauptmaterial ist in die Seitenwände gelegt.

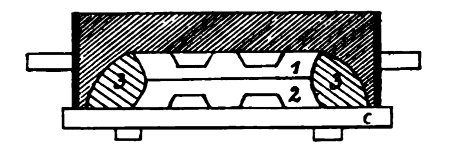


Abb. 238. Einformen einer Kettenrolle. 1, 2 Modell, 3 falscher Teil.

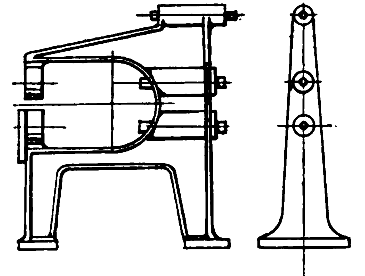


Abb. 239. Modell eines Rippenständers.

Der Ständer erscheint hierdurch dem Auge wohl viel plumper, aber, wenn man auch trachten soll und kann, durch Vermeidung großer, unschön geformter Flächen, beziehungsweise durch entsprechende Formgebung derselben, die Maschine gefällig zu gestalten, als Hauptsache muß doch betrachtet werden, daß der Ständer als starres Stück funktioniert und die Eignung hat, die Vibrationen, welche von dem veränderlichen Widerstande am Werkzeug herrühren, aufzunehmen und verschwinden zu machen. Richtige Massenanordnung und ausreichendes Gewicht sind dazu nötig; an Gußeisen mehr zu sparen, als hiermit verträglich, ist verfehlt. Übrigens lassen sich Hohlständer von gleichem Gewichte wie Rippenständer gießen.

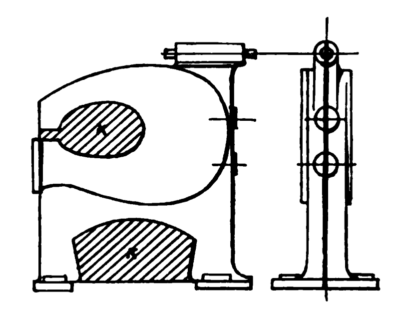


Abb. 240*a*. Modell eines Hohlständers. *k* Kernmarken.

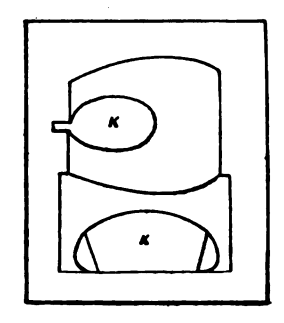


Abb. 240*b*. Kernkasten mit Kern zum Hohlständer.

Zur Herstellung des Hohlständers ist ein entsprechender Kern erforderlich, für welchen, je nach der Ständerform und je nachdem nur ein oder mehrere Stücke zu gießen sind, entweder ein Kernkasten (Abb. 240*b*) benützt oder der Kern aus Lehm modelliert wird. In beiden Fällen ist für entsprechende Versteifung des Kernes mit Kerneisen und für Luftabzug aus dem Kerne zu sorgen, desgleichen natürlich der Kern zu trocknen.

Wird ein Kern mit Durchbrechungen hergestellt, so wird das

geschmolzene Metall beim Gusse in diese Durchbrechungen einfließen und so eine metallische Verbindung zwischen den durch den Kern getrennten Wänden herstellen.

Es lassen sich durch Zuhilfenahme komplizierter Kerne Gußstücke sehr zusammengesetzter Form herstellen. Als ein Beispiel sei die Darstellung des Henzel'schen Roststabes besprochen, welcher durch Abb. 241 dargestellt ist. Auf dem Henzelrost soll Kohlenklein verbrannt werden können, es

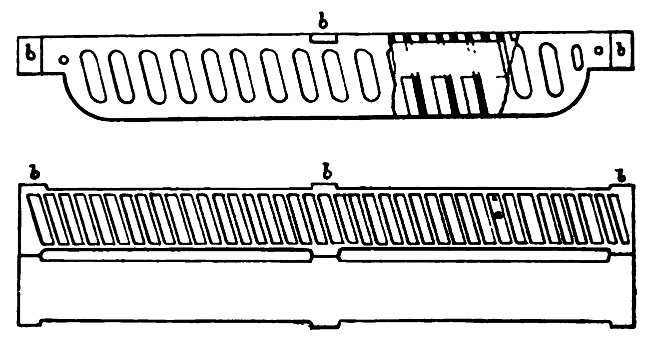


Abb. 241. Henzel's Roststab.

dürfen daher die Rostspalten nur sehr schmal sein; um jedoch der Verbrennungsluft den nötigen Durchgang zu bieten — genügende „freie Rostfläche" zu erlangen — müssen solcher Spalten viele sein.

Das Modell zu diesem Roststabe ist durch Abb. 242 in etwas kleinerem Maßstabe samt den als umschriebenes Rechteck erscheinenden Kernmarken *KM*

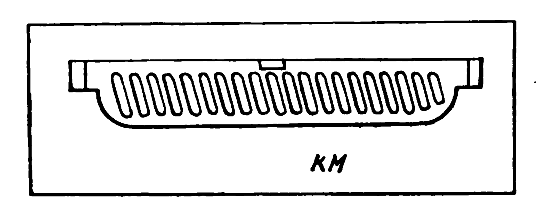


Abb. 242. Modell zu Henzel's Roststäben.

dargestellt. Dieses Modell wird wie gewöhnlich in zwei Formkästen eingeformt und hierauf maschinell durch die Kernformmaschine Henzel's (Abb. 243) ein oftmal durchbrochener Sandkern erzeugt. Auf den Tisch *ab* wird ein rechteckiger Rahmen aufgesetzt, welcher in seinem Innenraume den Abmessungen von *KM* (Abb. 242) entspricht. Durch Betätigung von Kurbel, Zahnrädern und Zahnstangen hebt man zahlreiche schiefstehende, von einer Hauptplatte getragene Eisenplatten durch Schlitze des Tisches in den Kernkasten. Es wird nun eingestampft, abgestrichen, die Durchbrechungsplatten werden zurückgezogen, der teilbare Rahmen abgehoben und der Kern in die Form eingelegt. Die Durchbrechungen des Kernes bewirken die Verbindungen der beiden Roststabwände. Den ovalen Löchern in diesen Wänden entsprechen Vertiefungen des Modelles.

Zuweilen kann durch entsprechende Anschließung von Kernen am Oberkasten ohne vielteiliges Modell die Form für ein komplizierteres Gußstück hergestellt werden. Abb. 244 zeigt einen diesbezüglichen Kunstgriff.

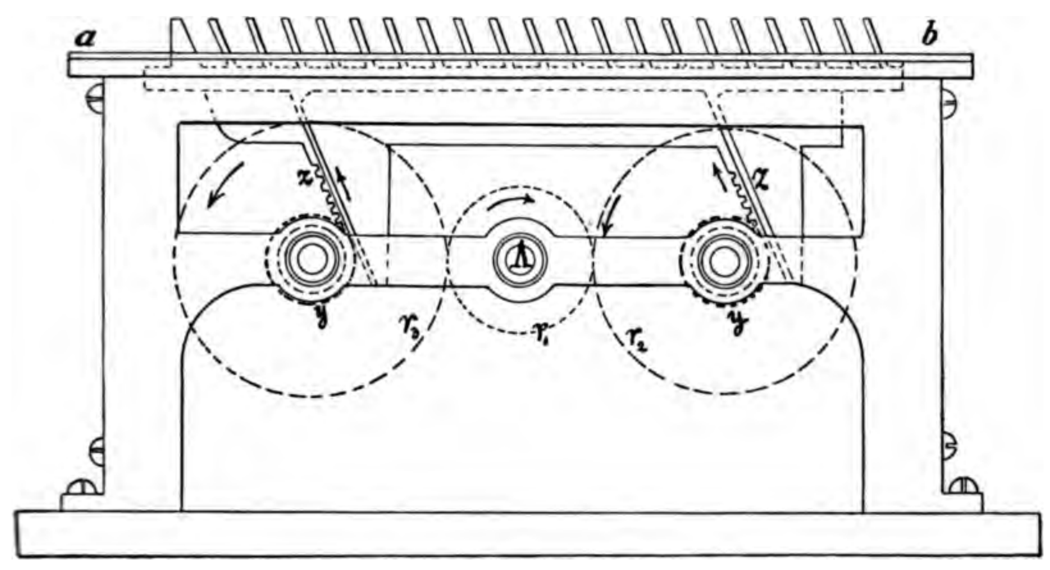


Abb. 243. Kernformmaschine zu Henzel's Roststäben. *A* Kurbelachse, $r_1\, r_2\, r_3\, y\, y$ Zahnräder, *z z* Zahnstangen.

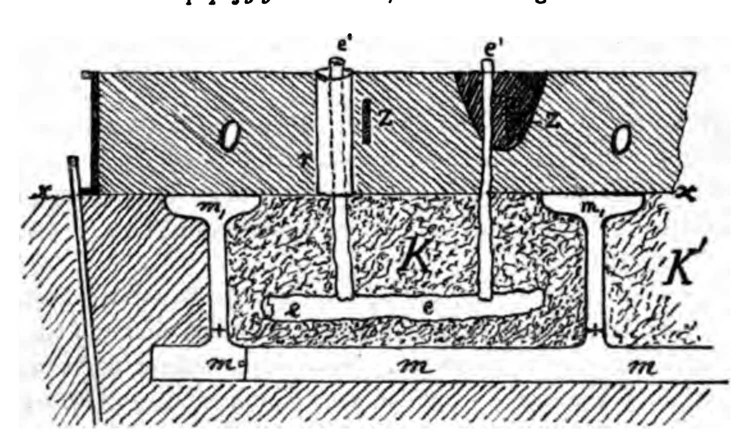


Abb. 244. *m* Modell, *K* Kerne, *e* Kerneisen, *O* Oberkasten, *z* Zwischenwände in *o*.

Mit *m* ist das Modell bezeichnet, welches aus mehreren Abteilungen besteht, deren Wände T-förmigen Querschnitt besitzen. Man ebnet den Boden des Gießereilokales und stellt das Modell *m*, dessen Wände abhebbar sind, auf, stampft zunächst über dem Kerneisen *e* den Kern *K* (beziehungsweise die Kerne), wobei das Modell den Kernkasten bildet. Nachdem der Kern nach der Ebene *xx* geglättet ist, setzt man den Oberkasten *O* auf. Über die Verlängerungen der Kerneisen *e'* werden aus Blech gebogene Röhren *r* gesteckt, deren Zweck lediglich ein provisorischer ist und darin besteht, den Oberkasten, nachdem derselbe mit Sand ausgestampft ist, leicht wieder abheben zu können. Ist das Ausstampfen des Oberkastens erfolgt und derselbe abgehoben worden, so können die

Modellteile m_1 ausgehoben werden. Danach wird der Kasten O wieder aufgesetzt, die Blechröhren r werden entfernt, der untere Teil des zylindrischen Raumes mit Sand verstampft, oben um Kerneisen e' und Zwischenwand z des Formkastens eine entsprechende Partie aus dem Sande ausgeschnitten und dieser Raum mit Gußeisen vergossen. Nach dem Erstarren ist der Kern K steif mit dem Oberkasten verbunden, und wird der Kasten gehoben, so hebt sich der Kern (beziehungsweise die Kerne) mit. Der untere Teil des Modelles wird zugänglich, dasselbe wird entfernt, der Oberkasten samt den Kernen aufgesetzt und die Form ist zum Gusse bereit. (Nach Gußmeister Uxa).

Damit der Oberkasten stets in genau richtiger Lage zum unteren Teile der Form aufgesetzt wird, sind Führungseisen, gewöhnlich drei, angewendet. Daß Einguß und Steigtrichter vorhanden sein müssen, ist nach früher selbstverständlich.

Die Anwendung von Kernen für den Guß von Turbinen dürfte aus den beistehenden Abbildungen 245 *a* und *b* ohne weitere Erklärung verständlich sein. Genau ausgeführte, innen lackierte Kernkasten ermöglichen die leichte Herstellung der Kerne.

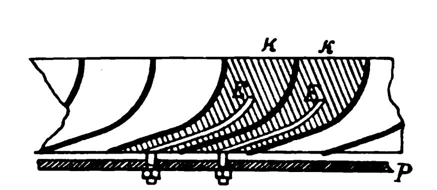


Abb. 245 *a*. *K* Kern, *E* Kerneisen, *P* Grundplatte zur Feststellung der Kerne.

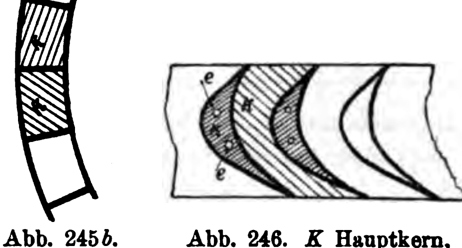


Abb. 245 *b*. Grundriß.

Abb. 246. *K* Hauptkern, *k* Nebenkern, *e* Kerneisen.

Bei Turbinen mit Hohlschaufeln (Abb. 246) müssen zweierlei Kerne zur Anwendung kommen, die einen für die Turbinenzellen, die anderen für die Höhlung der Schaufeln. Letztere werden radial von außen gegen einwärts eingeschoben, und hierauf erst der umschließende Kranz, als besonderes Stück der Form, aufgesetzt.

Für den Guß einer hohlen, mit Zähnen allseits besetzten Walze wendet man statt vieler Formkasten und vielteiligen Modelles eine aus ringförmigen Stücken zusammengesetzte Form an. Diese Einzelstücke stellt man durch Einstampfen eines Kastens — ähnlich den Kernkasten — her, er muß, so hergestellt sein, wie es der Lage und Form einer rundherum laufenden Zahnreihe der zu gießenden Stachelwalze entspricht.

Durch Abb. 247 ist die Anwendung eines freitragenden Kernes angedeutet. Der Umfang dieser Abbildung entspricht dem anzuwendenden Modelle. Durch dasselbe wird ein langes Kernlager gebildet, in welches der mit Kerneisen versteifte Kern eingelegt werden kann. Abb. 248 zeigt den Vertikalschnitt durch die Form einer Stufenscheibe. *e* ist der Einguß, *s* ein Luftabzug, *o* und *u* die beiden Formkasten.

Ein weiterer Formerkunstgriff wird bei Winkelzahnrädern benützt. Man macht zunächst das Modell zweiteilig (Mittelschnitt) und formt in einem

Formkasten ein, welcher genau die Höhe des Modelles besitzt, daher später als Boden und Decke noch zwei Formkasten erforderlich macht.

Hat man das Modell eingeformt, wobei um die Winkelzähne herum besonders feiner Formsand sehr kräftig angeworfen und angestampft wird, so schraubt man auf den Formkasten ein Blech von solcher innerer Verzahnung, daß dieselbe genau in die Zähne des Modelles einpaßt. Dieses Blech (Schablone) dient als Führung beim Ausziehen der einen Modellhälfte. Nach Umwendung des Kastens verfährt man auf der zweiten Seite mit der zweiten Modellhälfte genau ebenso. Endlich setzt man die drei Kasten zur Form zusammen.

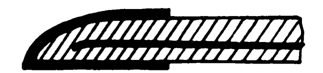


Abb. 247.

Abb. 248.

Beim Guß sehr feiner, vielfach durchbrochener Stücke genügt der gewöhnliche Einguß nicht, sondern man muß von demselben entweder *strahlenförmig* zahlreiche Zweigröhren zur Form treten lassen, oder man muß die Form mit einem *ringförmigen* kräftigen *Gußkanal* umschließen, von welchem aus zahlreiche Zweigröhren nach einwärts mit der Form in Verbindung treten. Hierdurch vermag man die feinsten netzartig gebildeten Stücke zu erzeugen. — Schmuckstücke aus Gußeisen, veraltet.

Bezüglich *der Formkasten* oder Flaschen sei noch hervorgehoben, daß größere Formkasten zahlreicher, etwa bis zur halben Höhe des Kastens reichender *Längs- und Querzwischenwände* bedürfen, damit der Sand in den Formkasten genügend festhält, haftet. Zu dem gleichen Zwecke verwendet man auch häufig S-förmige Drähte, welche man oben an den Wänden des Kastens anhakt, im übrigen in den Sand einstampft. Die erste Anschaffung wesentlich verteuernd, jedoch für den Betrieb vorteihaft, ist der Gebrauch *zerlegbarer Formkasten*. Bei diesen kann der speziell erforderliche Kasten aus vorhandenen Teilstücken zusammengeschraubt werden. (Eingeführt durch Gußmeister Uxa.)

Für den Guß vieler gleicher Stücke wendet man mit großem Vorteile *Formmaschinen* an.

Die Mehrzahl der in Anwendung stehenden Formmaschinen besorgt eigentlich nur das ruhige, sichere *Ausziehen des Modelles* aus der Form auf maschinellem Wege, das Einstampfen des Sandes bleibt hierbei Handarbeit. Das sichere, ohne Verletzung der Form erfolgende Ausziehen des Modelles ist ein ganz wesentlicher Gewinn.

Bei *Zahnrädern* mit vielen Zähnen gelingt das Ausziehen des Modelles selten ohne Mitreißen von Sandpartien der Zahnlücken, und die vom Former

mittels der Formspateln durchzuführende Ausbesserung ist nicht nur sehr zeitraubend, sondern auch meist unvollkommen.

Wendet man aber eine maschinelle Vorrichtung an, so kann dieselbe in einem mechanisch, z. B. durch eine Schraube bewegbaren Modell bestehen; es können die Zähne dieses Modelles, welches glatt nachgearbeiteter Rotguß ist, durch genau angepaßte Ausschnitte einer fixen wagrechten Platte gehen. Denkt man sich auf diese Platte den Formkasten aufgesetzt, daran befestigt und das Modell so hoch gehoben, daß seine unteren Zahnflanken im Niveau der Platte liegen, so kann Sand eingestampft werden und nach hergestellter Form das Modell durch die Bewegungsschraube nach unten gezogen werden, wobei der Sand, insbesondere jener zwischen den Zähnen des Modelles, seine Stützung an der fixen Platte findet. Dadurch bleibt die Form vollkommen scharf.

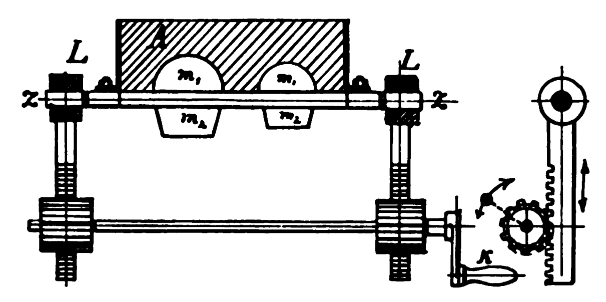


Abb. 249. Skizze des Bewegungsmechanismus der Formmaschine von Woolnough-Dehne. Das Gestelle und der Tisch sind weggelassen.

Durch welches mechanische Mittel — Schraube, Zahnstange und Trieb, Hebel usw. — das Modell bewegt wird, ist nebensächlich, wenn die Bewegung nur genau parallel erfolgt, was durch genaue Führungen erzielt wird.

Abb. 249 deutet die wesentlichsten Teile der Formmaschine von Woolnough-Dehne an. Bei derselben ist die Modellplatte sowohl vertikal beweglich, als um Zapfen drehbar. Die Modellplatte trägt beiderseits die Modellhälften und der Vorgang beim Formen ist kurz folgender:

Modellplatte niedergelassen zum Sitz, erster Formkasten aufgesetzt, eingestampft, Modellplatte samt Formkasten gehoben, um 180° gedreht, niedergelassen, bis der Formkasten auf dem Tische aufsitzt, Verbindung des Formkastens mit der Modellplatte gelöst, Modellplatte langsam gehoben und hierdurch die Modelle aus der Form gehoben, Formkasten zur Seite geschoben.

Senken der Modellplatte zum Sitz, befestigen des zweiten Formkastens an der jetzt oben befindlichen zweiten Seite der Modellplatte, einstampfen usw. wie oben. Hierdurch ist der zweite Formkasten fertiggestellt, und beide Flaschen (Kasten) zusammengesetzt bilden die Gußform.

Die teueren Formkasten, deren man ohne Benützung eines Kunstgriffes so viele brauchen würde, als man Abgüsse machen will, und die

Schwierigkeit der Herstellung der Modellplatten haben die Einführung der Formmaschinen lange beschränkt.

Man braucht für wiederholtes Abformen derselben Modellplatte dann nur zwei Formkasten, wenn man mit Blindrahmen arbeitet; es sind dies rohgegossene Rahmen (Abb. 250), welche in die Formkasten eingesetzt und darin festgeklemmt werden. Der Formereivorgang ist bei Anwendung der Blindrahmen derselbe, wie vorstehend beschrieben; nachdem aber beide Formkasten mit der in den Blindrahmen gebildeten Form an jene Stelle gesetzt sind, wo der Guß erfolgen soll, lüftet man die Schrauben *s*, *s* und hebt die Formkasten oder Flaschen ab. Um dies leichter tun zu können, werden dieselben häufig zweiteilig (diagonal geteilt) gemacht.

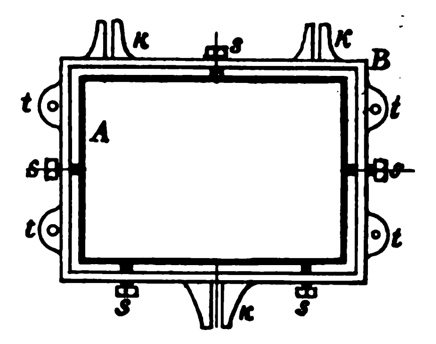


Abb. 250. *A* Blindrahmen, *B* Formkasten, *K* Ansätze zur Befestigung des Kastens an der Modellplatte, *t* Schloß, *s* Klemmschrauben für *A*.

Zur leichteren Herstellung der Modellplatten bedient man sich auch eines schönen Kunstgriffes. Man formt in zwei Formkasten, welche genügend groß gewählt werden und ein exaktes Schloß mit langen Führungszapfen besitzen müssen, die Modelle wie gewöhnlich ein. Nach dem Ausheben der Modelle legt man auf den unteren Formkasten aus Masse gebildete prismatische Leisten, deren Höhe gleich ist der Dicke der zu bildenden Modellplatte, setzt den Oberkasten auf und gießt. Man erhält so die Platte samt den Modellen als ein Gußstück, welches natürlich noch der nötigen Appretur unterzogen werden muß.

Für geringere Erzeugungsmengen kann man auch Modellplatten aus Gips, nachträglich mit Stearin eingelassen, herstellen. Mag die Modellplatte aus Metall oder Gips gegossen sein, sie wird in den Rahmen der Formmaschine eingespannt, welcher die Drehzapfen besitzt. (Abb. 251.)



Abb. 251. *g* Gipsplatte, *r* Rahmen, *z* Zapfen.

Soll die Formmaschine auch das Eindrücken des Sandes maschinell besorgen, so geschieht dies durch Anwendung eines Aufsatzkastens, dessen Höhe so bemessen ist, daß der durch den Preßkolben aus demselben in den Formkasten, bei lockerer Füllung beider, gedrückte Sand eben hinreicht, die erforderliche Dichte zu bewirken. Bei Modellen geringer Höhe hat dies keine Schwierigkeit, bei höheren Modellen hingegen würde der Sand zu ungleich gepreßt, und ist es in diesem Falle erforderlich, den Preßkolben den Modellen annähernd anzupassen (vgl. Abb. 252 und 253).

Eine für Massenproduktion, namentlich von Stücken geringer Höhenausdehnung vorzügliche Formmaschine ist jene von Frederic George Leeder, welche von der Maschinenfabrik S. Oppenheim in Hainholz vor Hannover in verschiedenen Größen gebaut wird. Diese Maschine arbeitet mit

hydraulischem Drucke und Gewichtsakkumulatoren. Man soll durch zwei Hilfsarbeiter in 10 Arbeitsstunden mittels der kleinsten Ausführung dieser Maschine 110 fertige Formen herstellen können. In Abb. 254 bedeuten I und II die beiden Formkasten, von welchen der obere durch Ketten getragen und ausbalanciert ist.

M ist die um die Säule s drehbare Modellplatte, $K_1 K_2$ sind die beiden ineinander geschalteten hydraulischen Kolben, r_1 und r_2 die dem äußeren und inneren hydraulischen Zylinder entsprechenden Druckwasserrohre, P der Gegen-

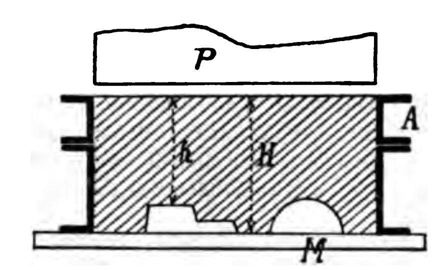


Abb. 252. *A* Aufsatzkasten, *P* Preßstempel.

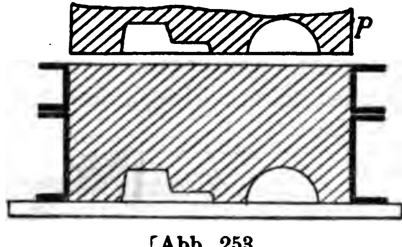


Abb. 253.

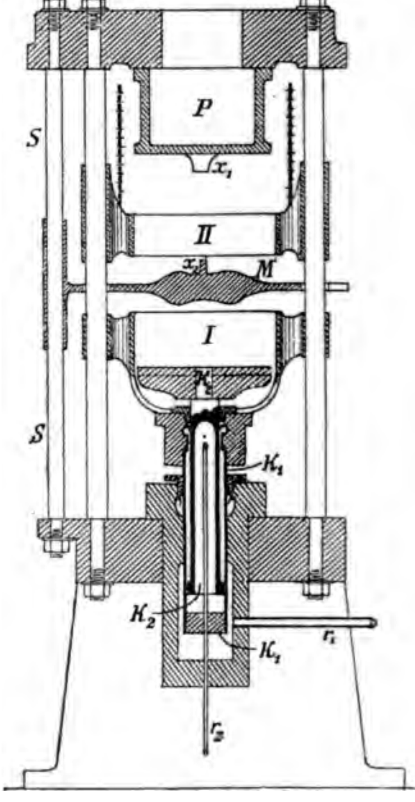


Abb. 254. Leeder's Formmaschine.

preßkopf, x_1 und x_2 die Ansätze, durch welche der Einguß geformt wird.

Die Arbeit des Formens ist kurz folgende:

Ist die Modellplatte M zur Seite gedreht, so wird der Formkasten I lose mit Sand gefüllt, hierauf M eingedreht, II auf M niedergelassen und gleichfalls mit Sand gefüllt. Man läßt nun durch r_1 Druckwasser eintreten, K_1 steigt, hebt I, M und II und drückt II an den Preßkopf P, wodurch der Sand im oberen Kasten gepreßt wird. Läßt man jetzt Druckwasser durch r_2 unter K_2, so wird der Sand im unteren Kasten gepreßt.

Man läßt nun K_1 sinken, macht hierdurch die Modellplatte frei und dreht dieselbe aus, hebt zunächst K_1, bis sich I an II und dessen jetzt eingesetzte Stützen angelegt und drückt die Form (den Sand), welche durch Blindrahmen verstärkt sein muß, aus den Rahmen I und II aus und überträgt sie an die Gußstelle.[1])

[1]) Über Formmaschinen siehe Dürre, Handbuch der Eisengießerei, III. Auflage, S. 299 bis 421.

Das Formen mit der Schablone statt mit Modell wurde früher nur in der Lehmformerei, namentlich beim Glockengusse, in neuerer Zeit wird es aber auch nicht selten bei der Sandformerei angewendet. Man erspart hierdurch die Kosten für die Herstellung des Modelles, und ist das Formen auch zeitraubender und mühsamer, so ist der ökonomische Gewinn doch ein bedeutender. Zumeist wird die Schablonenformerei zur Herstellung von großen Rotationskörpern angewendet, wenn nur ein oder wenige Stücke herzustellen sind. Der anzuwendende Lehm soll genügend bildsam und bindend, aber auch nicht zu fett sein; denn gerade durch das richtige Mittel zwischen diesen entgegengesetzten Beschaffenheiten erlangt er einerseits die nötige Standfestigkeit, anderseits die Eigenschaft, beim Trocknen und Brennen wenig zu schwinden, keine oder nur unbedeutende Risse zu bekommen. Nach Reinigung von Steinen u. dgl. wird er mit Wasser angefeuchtet, mit Flußsand, gehacktem Stroh, Kuhhaaren oder trockenem Pferdemist innig gemengt und in der Konsistenz eines weichen Brotteiges geknetet.

Zu jeder Lehmform müssen drei Hauptteile gebildet werden: der Kern, ein an Gestalt dem Inneren des Gußstückes entsprechender Körper; das Hemd (die Dicke oder Metallstärke), eine den Kern dicht umkleidende Lehmschicht, welche äußerlich nach der verlangten Form des Gußstückes gestaltet ist; endlich der Mantel, eine starke Lehmmasse, mit welcher das Hemd gänzlich umhüllt und in der zugleich das Gußloch nebst den nötigen Windpfeifen (Luftabzügen) angelegt wird. Den Kern macht man hohl, um Material und Arbeit zu sparen, meist mauert man ihn aus Ziegeln mit Lehmmörtel auf und bekleidet ihn schließlich zur Berichtigung und Vollendung seiner Gestalt mit Formlehm; Eisenverstärkungen im Inneren desselben sind oftmals nötig. Den Mantel pflegt man äußerlich mit eisernen Reifen und Schienen zu armieren. Zu allen drei Bestandteilen der Form muß der Lehm in Schichten nach und nach aufgetragen und jede Schicht vor dem Auftragen der nächsten an der Luft getrocknet werden; zuletzt wird ein scharfes Trocknen oder vielmehr ein gelindes Brennen vorgenommen, um alle Feuchtigkeit zu entfernen und der Form die gehörige Festigkeit zu geben. Mit der Anfertigung des Kernes wird begonnen. Die Oberfläche desselben bepinselt man dann mit in Wasser verrührter Holzasche oder Graphit, ebenso verfährt man mit dem Hemde, wenn dieses auf dem Kerne vollendet ist. Dadurch wird erreicht, daß die Bestandteile sich später leicht voneinander lösen lassen. Ist nämlich der Mantel fertig geworden, so hebt man ihn von dem Hemde ab, schneidet und bricht letzteres vollständig vom Kerne los, setzt endlich den Mantel wieder über den Kern und erhält so den bisher vom Hemde ausgefüllten Raum hohl. Vor dem Gusse muß der Kern äußerlich und der Mantel innerlich mit Graphitwasser angestrichen werden, um das Anhängen von Lehmteilchen an das eingegossene Metall zu verhindern. Das erforderliche Trocknen wurde schon betont.

Ist das Gußstück ein Rotationskörper, so wird der Kern und da

Hemd durch **Abdrehen** gebildet, wozu man sich der nach dem geforderten Profil gebildeten **Schablonen** bedient.

Ein einfaches Beispiel für die Herstellung einer Lehmform, welches sich auf den Guß einer Pfanne bezieht, sei im folgenden gegeben.

Auf einem gußeisernen Ringe *a*, Abb. 255, welcher durch die Füße *b* getragen ist, wird der Kern aus Ziegeln mit Lehmmörtel aufgemauert. Die unteren Ziegelscharen haben hierbei genügende Stützung, um so mehr als keilförmige

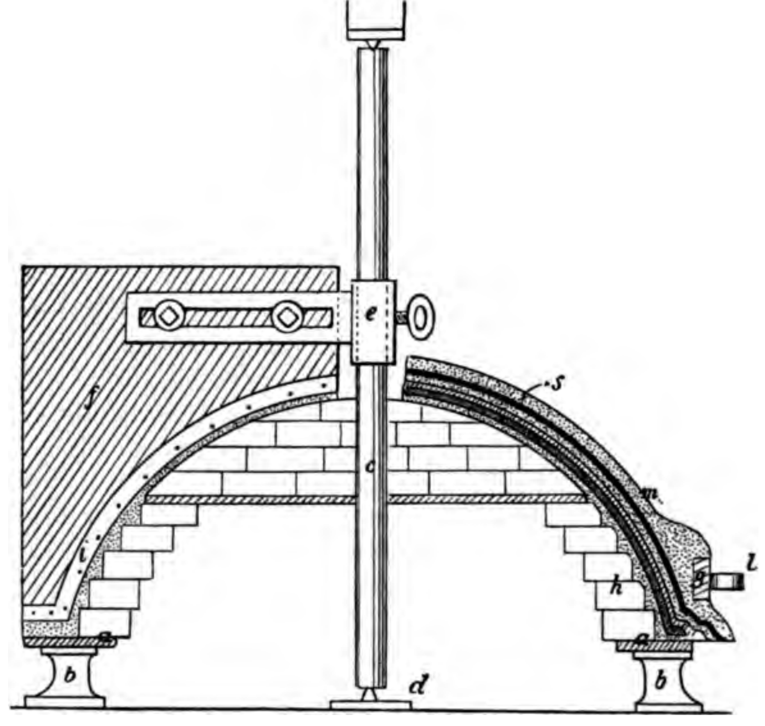


Abb. 255. Formen mit der Schablone.

Ziegel oder derart zugehauene verwendet werden. Für die oberen Ziegelschichten wird eine Eisenscheibe mit zentrischem Loche eingelegt, welche als Stütze der oberen Lagen dient. Die Stufen des Mauerwerkes werden außen mit einer dicken Lehmschicht bekleidet, welche mittels der Schablone *ef* abgedreht wird. Zu diesem Zwecke ist die Schablone *f* mit der Achse *c* bei *e* verbunden und läßt sich mit dieser drehen. Die Lager *d* der Achse *c* sind entsprechend angebracht, das obere meist an einem Arme, welcher sich um ein an der Wand des Lokales angebrachtes Scharnier drehen läßt. Will man den Lehm des Kernes in mehreren Schichten auftragen und schichtenweise abgleichen, so verstellt man die Schablone durch Verschieben der Hülse *e*. Ist der Kern gebildet, so wird derselbe durch Kohlenfeuer gut getrocknet, hierauf ausgebessert, mit Graphitwasser bestrichen und wieder getrocknet. Nun trägt man jene Lehmschicht auf, welche der **Metallstärke** oder dem **Hemde** entspricht. Diese Schicht wird durch Anwendung einer

zweiten Schablone abgedreht, hierauf getrocknet und gleichfalls mit Graphitwasser angestrichen, oder statt dieses ein Anstrich von fein gesiebter Asche, in Wasser angerührt, verwendet.

Nun beginnt die Herstellung des Mantels.

Ohne weitere Benützung der Schablonen trägt der Former eine 1 bis 2 *cm* starke Schicht Lehm bestmöglichst gleichförmig auf die nach früher hergestellte „Eisenstärke“ oder das „Hemd“ und trocknet sie abermals.

Nach der Form gebogene Schienen *s*, welche mit Ringen zu einem Gerippe vernietet sein können, werden entweder einzeln oder insgesamt mit Lehm auf der der Form zugekehrten Seite $1^1/_2$ *cm* hoch bestrichen und, wenn einzeln, auf eine Entfernung von 10 zu 10 *cm* auf die so weit hergestellte Lehmform gut aufgerieben. Die entstandenen Felder zwischen den Eisenschienen werden nun wieder mit Lehm ausgefüllt und weiter dann der ganze Körper mit einer 2 *cm* starken Schicht Lehm überzogen. Nachdem die Form so weit vorgeschritten und wieder getrocknet ist, setzt man einen gußeisernen Ring *g* über das Eisengerippe und verbindet ihn wieder innig mittels Lehm mit der zuletzt aufgetragenen Lehmschicht. Der jetzt neu auf die Form gebrachte Lehm muß gut getrocknet werden, weil man sonst Gefahr läuft, daß beim Abheben des Mantels *m* der Ring über die Form abgleitet.

Bei vorsichtiger Manipulation kann der Mantel ohne Anstand von der mit Asche oder Graphitwasser bestrichenen Trennungsfläche des Hemdes (Eisenstärke) abgehoben werden. Nun schreitet man zum Ablösen der „Eisenstärke“ und überzieht hierauf, nachdem man vorher ausgebessert hat, den Kern mit Graphitschwärze und trocknet ihn gut durch. Auch der Mantel wird jetzt ausgebessert, die etwa vorkommenden Modellteile, Lappen, Stützen usw. werden aus ihm herausgezogen, und schließlich so wie der Kern mit in Wasser angemachtem Graphit bestrichen und gut getrocknet. Beim Zusammensetzen der Form wird vorerst der Kern in die Dammgrube gebracht, der innere hohle Raum mit Sand angefüllt, die zurückgebliebene Öffnung nach der Gestalt des Kernes mittels Lehm geschlossen, getrocknet und der Mantel nach dem vor dem Abheben angedeuteten Zeichen darüber gesetzt. Hierauf verbindet man den Mantel mit dem Kerne dadurch, daß man drei Eisenschienen, welche in die Dammgrube unter den Kern entsprechend gelegt wurden, durch Schrauben mit den sechs angegossenen Lappen *l* des Mantelringes *g* zusammenspannt. Weiter wird die Form vorsichtig eingedämmt und überdies noch mit Beschwereisen belastet. Durch ausgesparte Kanäle in dem Sande wird Sorge getragen, daß die während des Gusses sich bildenden Gase leichten Abzug aus dem Kerne, so wie aus dem Mantel der Form erhalten. Die an der höchsten Stelle der Form angebrachten Gußkanäle sollen nicht zu stark sein, um dem Aussprengen beim späteren Putzen des Gußstückes vorzubeugen. Dieser schwachen Gußkanäle, deren Durchmesser 10 *mm* nicht übersteigen soll, bringt man vier an, vereinigt sie außerhalb der Form in einer Mulde und der Guß kann vor sich gehen. (Nach Gußmeister Bellani.)

Wäre eine Säule von bedeutender Größe zu gießen, z. B. 4 bis 5 *m* Höhe, 1 *m* unterem Durchmesser, so wird man, um die großen Modellkosten zu sparen, auch Lehmformerei anwenden. Man wird für den Säulenfuß, sowie für den Säulenschaft und das Kapitäl Schablonen herstellen und zunächst ganz analog dem oben beschriebenen Vorgange die Form für den Säulenfuß, hierauf jene für den Schaft und schließlich die für den Säulenkopf oder das Kapitäl erzeugen. Nacheinander setzt man dann diese Formen in einer tiefen Grube zusammen und umstampft die Form mit Formsand, die Dammgrube ausfüllend, um ein Durchbrechen der Form durch das geschmolzene Metall zu verhindern. Soll die Säule einen kannelierten Schaft erhalten, so werden die entsprechenden Vertiefungen in den Mantel nachträglich eingearbeitet, wozu man sich der Beihilfe hölzerner Modelle (segmentförmiger Schienen) bedienen kann. In ähnlicher Weise wird, wenn das Gußstück erhabene Schrift aufweisen soll, diese in dem Mantel ausgearbeitet, wozu man mit Vorteil einzelne in Zink gegossene Buchstaben, welche als Modell dienen, verwendet.

Bei so großen Gußstücken muß auf das Schwinden Rücksicht genommen werden. Wäre Kern und Mantel aus zu dichtem Lehm hergestellt, so würde bei dem Auskühlen des Gusses leicht ein Bruch, bei unserem Beispiele ein Abreißen des Kapitäles und ein Platzen des Säulenschaftes eintreten. Vgl. S. 227.

Bei größeren Gußstücken ist der hydrostatische Auftrieb der Flüssigkeitssäule ein so bedeutender, daß dem Durchbruche des Metalles durch Umstampfen der Form und durch entsprechende, auf den oberen Kasten aufgelegte Belastung, welche gewöhnlich in Roheisenbarren besteht, vorgebeugt werden muß.

Während bei uns die Lehmformerei fast ausschließlich bei Rotationsformen mit Anwendung von Schablonen in der beschriebenen Weise in Verwendung steht, werden in Belgien, insbesondere bei Cockerill in Seraing, in Lehm und ohne Anwendung eines Modells, auch sehr vielgestaltige Stücke, Maschinenständer u. dgl. geformt. Die Former führen die Bezeichnung „mouleurs en terre“, zur Unterscheidung von den gewöhnlichen in Sand arbeitenden Formern, den „mouleurs en sable“.[1])

Der „mouleur en terre“ modelliert die Form nach der Zeichnung; hierbei ist insbesondere zu beachten, daß das Eisen beim Erstarren in der Form schwindet.

Nachdem nun dieses Zusammenziehen zirka $^1/_{100}$ der linearen Dimension beträgt, so muß die Form dieser Zusammenziehung entsprechen können, d. h. sie muß so weit nachgiebig sein, daß diese Zusammenziehung eintreten kann. Zu diesem Zwecke wird der Lehm mit Sägespähnemehl, Stroh, Haaren u. dgl. gemengt. Wenn der mit diesen Zusätzen vermengte Lehm auch scharf getrocknet ist, so hat er doch eine gewisse Nachgiebigkeit. In manchen Fällen, z. B. zwischen am Gußstücke herzustellenden Flanschen, welche beim Schwinden abgebrochen werden könnten, werden in die Form auch Strohschichten, etwas mit Lehm versetzt, eingebettet. Es wird bei dem Schwinden dann insbesondere diese Zwischenschichte zusammengedrückt. Nicht selten wird der Mantel einer Form gemauert. Dort, wo die Formen zusammengesetzt sind, hat der Mantel denselben zu entsprechen, und weil es für die Arbeiter doch mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist, ganz frei zu modellieren, so bekommen sie aus der Hilfswerkstätte, welche mit der Gießerei

---

[1]) Siehe Technische Blätter 32 Jahrgang, Heft 1.

verbunden ist, aus Blech oder aus Holz ausgeschnittene Schablonen, Lehren, Lineale, die nach den Hauptrichtungen zur Anwendung gebracht werden. Diese Schablonen sind lediglich zur Erleichterung des Modellierens, damit das Nachmessen vermindert wird. Der Arbeiter formt oder bildet das Ganze doch eigentlich frei nach der Zeichnung; er muß dieselbe ebenso verstehen, wie bei uns der Modelltischler, welcher die Modelle nach der Zeichnung herstellt.

Wenn Abb. 256 den Schnitt durch eine herzustellende Gußform darstellt, so ist *K* der Kern, *M* der Mantel. Dieser Kern kann z. B. über einem ordinären gegossenen Kerneisen aus Lehm gebildet sein und bekommt die betreffende Abgleichung und Form z. B. durch eine Blechschablone. Ist der Kern getrocknet, so wird er nachgearbeitet. Diese Nacharbeit geschieht nach Bedarf mit Raspeln, Stemmeisen, der Fuchsschwanzsäge usw. Der Kern ist so stark mit Holzmehl versetzt, daß er sich mit der Säge ohne Anstand schneiden oder mit einem Stemmeisen bearbeiten läßt. Er kann somit eine Nacharbeit bekommen, wie man sie hier nicht gewohnt ist, weil man die Masse anders zusammensetzt und sie keine solche Zähigkeit besitzt wie dort. Die ganze Form ist aus einzelnen Stücken hergestellt. Es wird z. B. eine Grundplatte gebildet, darauf kommt der Mantel, welcher sich von der Grundplatte abheben lassen muß. Deshalb wird er über einem eisernen Gerüste, das ganz roh gemacht ist, gebildet. Die Form besteht oft aus sehr vielen Teilen, welche durch Zugschrauben verbunden werden. Rohe, gegossene, eiserne Reifen verwendet man überdies zur Armierung. Der einzelne Formteil ist verhältnismäßig einfach; doch dadurch, daß die Teile so verbunden werden, wie dies notwendig ist, kann die ganze Form sehr zusammengesetzt oder schwierig werden. Die einzelnen Teile, für sich getrocknet, werden zu einem Ganzen verbunden, die Fugen werden mit Lehm verstrichen und die Form neuerlich getrocknet.

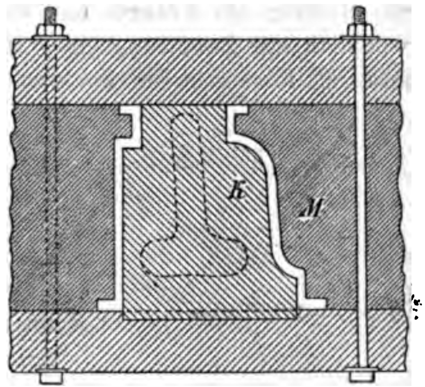


Abb. 256.

Wo beim Guß die Gefahr eines Durchbruches des flüssigen Eisens infolge des hydrostatischen Druckes nicht ausgeschlossen ist, werden die Formteile durch eiserne Zugschrauben, welche die Gießerei in verschiedenen Längen zur Verfügung hat, fest verbunden. Bei sehr hohen Stücken von 3 bis 4 *m* wird die fertiggestellte Form als Ganzes oder in Teilen in die Dammgrube versenkt und mit Sand umstampft, wodurch der Durchbruch des Metalles sicher vermieden ist. Auch die Anwendung eines Steigrohres empfiehlt sich zuweilen, weil durch dasselbe das Metall von unten gegen aufwärts die eigentliche Form füllt und heiklichere Formteile nicht durch das sonst von oben einstürzende geschmolzene Eisen beschädigt werden.

Die hier beschriebene Gießereimethode läßt sich selbstverständlich momentan nicht einführen, denn man hat die darauf eingeschulten Arbeiter nicht. Es setzt diese Formerei eine sehr große Übung des Gußmeisters und eine bedeutende Fertigkeit, ein gewisses Modelleurtalent, seitens der Arbeiter voraus.

Von den Schablonen kann man auch beim Sandgusse in manchen Fällen vorteilhafte Anwendung machen, insbesondere bei der Herstellung der Formen für sehr große Zahnräder, Seilscheiben oder Riemenscheiben.

Will man ein sehr großes Zahnrad herstellen, so findet die Schablone zur Bildung des Kranzes und der Nabe Anwendung. Die Arme werden gewöhnlich mit Benützung eines Modelles (für einen Arm) geformt. Der Vorgang ist folgender. Mit der ersten Schablone formt man sich, wie Abb. 257

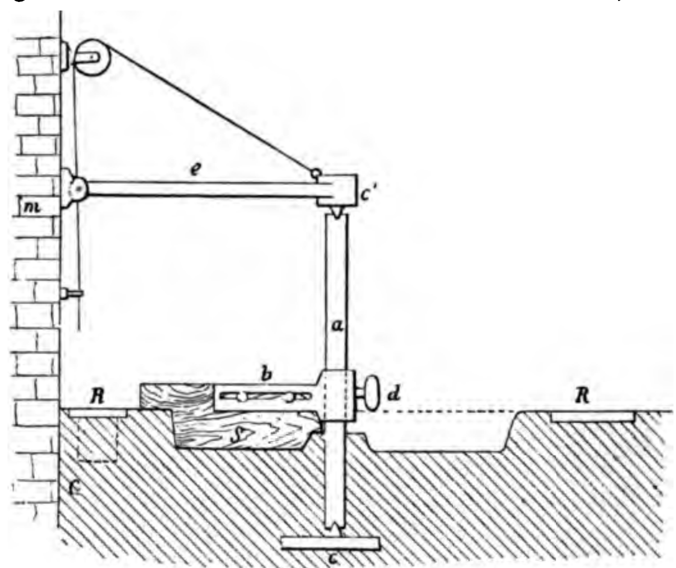


Abb. 257. Schablonenformerei im Formsande. *a* Achse, *b* Arm, *S* Schablone, *cc'* Körner (oder Lager), *e* Ausleger.

andeutet, zunächst im gestampften Sande des Gießereilokales, durch allmähliches Senken der Schablone eine Fläche aus, welche der oberen Begrenzung des Zahnkranzes und der Nabe entspricht und je nach der Querschnittsform der Arme den Raum zwischen Nabe und Kranz entweder bis zum Mittelschnitt der Arme (bei ovalen Hohlarmen) oder bis zur Oberfläche der Mittelrippe (bei + förmigen Armen) abgleicht. Stellt die nachstehende Abb. 258 den schematischen Radialschnitt eines Zahnrades vor, bei welchem mit Rücksicht auf die Gestaltung der später zu besprechenden Kerne für die Zahnlücken der Radkranz größere radiale Erstreckung aufweist, so ist die erste Schablone nach 1, 2, 3, 4, 5, *a* gebildet.

Nachdem durch die erste Schablone die Arbeit verrichtet und die entsprechende Oberfläche im Sande gebildet ist, wird dieselbe mit Kohlenpulver

tüchtig eingestaubt und ein entsprechend großer, mit Querrippen versteifter Kasten aufgesetzt.

Durch Einstampfen des oberen Kastens wird der Oberteil der Form gebildet. Vor dem Abheben desselben werden drei Eisenstangen knapp an der äußeren Kastenwand in den unteren Teil der Form eingeschlagen, welche den Kasten fixieren und es späterhin ermöglichen, denselben genau an derselben Stelle aufzusetzen.

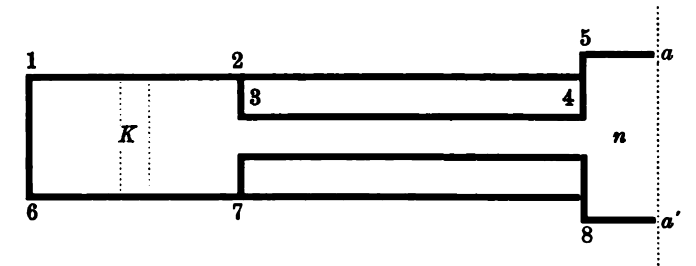


Abb. 258. Schematischer Radialschnitt durch ein Zahnrad mit kreuzförmigen Armen. *K* Zahnkranz mehr dem Raume für die Kerne, *n* Nabe.

Der Kasten wird abgehoben und nun die zweite Schablone, welche nach den Linien 1, 6, 7, 3, 4, 8, *a'* der Abb. 258 gebildet ist, nach Abb. 259 zur Anwendung gebracht. Hierdurch wird bei allmählichem Senken der Schablone der Raum für Kranz und Nabe ausgearbeitet.

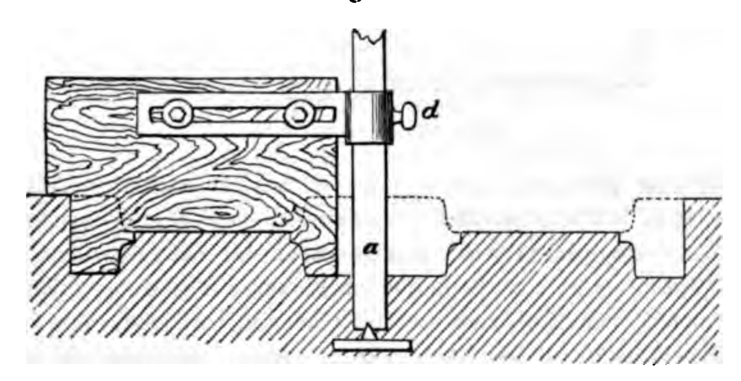


Abb. 259. Zweite Schablone.

Sowohl vor dem Ausstampfen des Oberkastens als nach dem Gebrauche der zweiten Schablone wird die Sandfläche durch Formspateln oder Poliereisen geglättet. Haben die Arme + Querschnitt, so kommen in den Oberkasten nur die oberen Rippen zu liegen und können die Hohlräume für dieselben durch entsprechendes Auflegen von Leisten auf die durch die Schablone I gebildete untere Form beim Ausstampfen des Oberkastens erhalten werden.

Nach Anwendung der Schablone II werden mittels eines T-förmigen Modelles für die restlichen Teile der Arme diese eingeformt, indem man etwas Sand aushebt, das Modell einlegt und Sand anstampft. Die hierbei

eintretende Beschädigung der Wände von Kranz und Nabe und der Fläche zwischen den Armen wird mit Formspateln ausgebessert.

Für im Querschnitt ovale Arme wird ein geteiltes Armmodell benützt und dasselbe so oft eingeformt, als Arme am Rade vorkommen. Es bereitet dies keine großen Schwierigkeiten, weil man den Oberkasten partienweise einstampfen und ihn so oft neu aufsetzen kann, als das Armmodell in einer neuen Lage sich befindet. Für Hohlarme sind entsprechende Kerne zu verwenden, welche im fertigen Gusse verbleiben.

Die Einteilung der Zähne geschieht auf einem gußeisernen Ringe *R* (Abb. 257), dessen Durchmesser größer ist als der des zu formenden Rades. Man gießt auf ihn eine beiläufig 4 *mm* starke Schicht Gips, schabt diese nach dem Erstarren mittels eines Messers glatt und schwärzt die Gipsfläche

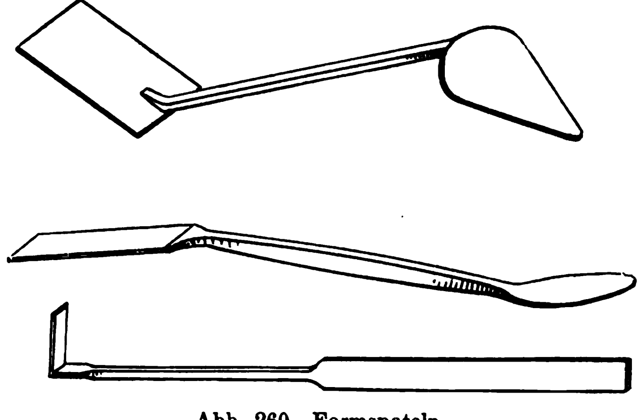


Abb. 260. Formspateln.

mit Graphit oder Holzkohlenpulver ein, um scharf markierte Teilstriche zu bekommen. Man befestigt an der Schablone einen Stift, mit welchem in den Gips ein Kreis eingerissen wird, welcher nach der Zahl der Zähne zu teilen ist; des weiteren wird der Schablonenarm zur Befestigung eines Lineales benützt, welches, von Teilstrich zu Teilstrich gedreht, stets den Ort angibt, an welchem ein Kern für die Zahnlücke einzusetzen ist. Diese Kerne werden in einem Kernkasten hergestellt, getrocknet und hierauf an der äußeren zylindrischen Fläche der Form eingesetzt und angepaßt. Dieselben sind länger, als es dem Abstande von Fußkreis und Kopfkreis des Zahnrades entspricht, weil die Kerne durch die Verlängerung mit radialen ebenen Flächen aneinander stoßen und so sich gegenseitig stützen. Ist dann schließlich die Form im Unter- und Oberteil repariert, so überzieht man sie mit Graphitschwärze und t r o c k n e t sie gut durch.

Wiederholt wurde bemerkt, daß das Ausbessern der Form mittels Spateln, Poliereisen u. dgl. erfolgt. Es sind dies einfache Werkzeuge, verwandt mit den Modellierwerkzeugen der Bildhauer, nur sind sie stets aus Metall, gewöhnlich aus Eisen. Abb. 260 zeigt drei verschiedene Spateln, die erste der gezeichneten Formen wird insbesondere Glätt- oder Poliereisen genannt.

Schalenguß.

Schalenguß wird jener Guß genannt, welcher in bleibenden, meist aus Metall hergestellten Formen erfolgt; er wird in der Eisengießerei bei Gegenständen angewendet, welche an der Oberfläche sehr hart sein, also weniger leicht sich abnützende Flächen besitzen sollen. Solche Gußstücke führen die Bezeichnung Hartguß und spricht man dem entsprechend von Hartgußwalzen, Hartgußrädern usw. Diejenigen Flächen des Gußstückes, welche bearbeitet werden sollen, oder überhaupt das ursprünglich graue Eisen aufzuweisen haben, werden in Sand abgeformt, jene Teile, welche hart werden sollen, erhalten als Begrenzung die gußeiserne Schale. Sandform und Schale müssen genau zusammengepaßt sein.

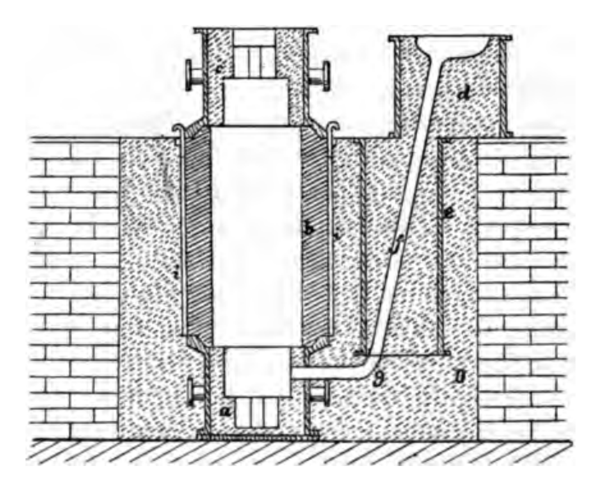


Abb. 261. Gußform für eine Hartgußwalze.

Als Beispiel sei die Form einer Hartgußwalze näher besprochen. Die ganze Form besteht der Hauptsache nach aus dem Unterkasten *a*, Abb. 261, der Schale *b* und dem Oberkasten *c*. Vorerst wird der Unterkasten *a* aufgestampft, der Eingußkanal mit Zuhilfenahme des entsprechenden Modellteiles ausgespart und die Form gut getrocknet am Boden der Dammgrube hingesetzt. Wie in der Figur ersichtlich, paßt die Schale *b* in den ausgedrehten Teil des Kastens *a*, wie auch in den analogen Teil des Kastens *c*. Mittels angebrachter Schrauben werden diese drei Teile fest zusammengezogen und der Eingußkanal zirka 6 bis 7 *mm* stark an den Unterkasten angepaßt. Um das Reißen der Schale möglichst zu verhindern, wird sie vor dem Gießen der Walze vorgewärmt. *d* und *f* sind Formkasten für den Gußkanal, hier Steigrohr genannt. Der Gußkanal tritt tangentiell in die Form *a* ein und dies bewirkt eine kreisende Bewegung des Eisens beim Aufsteigen in der Form, wodurch mitgerissene Schlacke nahe der Achse aufwärtssteigend sicher in den „verlorenen Kopf" (Überhöhung der Form) gelangt, daher unschädlich gemacht ist. Der verlorene Kopf wird meist mehrfach höher gemacht, als

Abb. 261 zeigt, damit jene Einsenkung, welche durch das Saugen entsteht (vgl. S. 227), allein auf den verlorenen Kopf beschränkt ist.

Mit dem Schalenguß verwandt ist der Schwenkguß. In die mehrteilige, wohl zusammengefügte, gut vorgewärmte eiserne Form wird geschmolzenes Eisen gegossen, einige Sekunden ruhen gelassen, und durch Umstürzen der Form der noch großenteils flüssige Inhalt entleert. Man erhält hierdurch einen sehr dünnwandigen Guß, entsprechend der an den Wandungen der Form erstarrten Kruste.

Beim Zentrifugalguß wird das geschmolzene Eisen in eine rotierende eiserne Form, deren Innenfläche eine Rotationsfläche sein muß, gegossen. Durch die Rotation legt sich das flüssige Eisen an die Formwandungen an.

Schalen- oder Metallformen werden bei dem Zinnguß sehr häufig angewendet, überhaupt beim Gießen leichtflüssiger Metalle, z. B. von Blei für die Plombenerzeugung, von Letternmetall in der Schriftgießerei. In letzterer bedient man sich automatisch wirkender Gießmaschinen, bei welchen das geschmolzene Schriftgießermetall durch eine kleine Pumpe in die Form gespritzt wird. Das kleine Gußstück ist sofort erstarrt und wird selbsttätig aus der sich öffnenden Form geworfen; ja bei den neuesten Maschinen findet sogar das Abbrechen der Gußzapfen und die Nacharbeit der Type sofort automatisch im Anschlusse an das Gießen statt.

Je leichtflüssiger das Metall, desto freier ist man in der Wahl des Materials der Gußform. Zinn und Letternmetall kann in Formen aus Sandstein, Schiefer und selbst Papier gegossen werden. Von letzterem Material macht man in der Schriftgießerei bei Herstellung der Stereotypenplatten Anwendung und ist insbesondere die Erzeugung der Stereotypplatten für die Rotationsmaschinen (Schnellpressen mit Typenzylindern) überaus sinnreich. Die, eine Einlage in die eiserne Gußform bildende Papiermater oder Papiermatrize wird dadurch erzeugt, daß man einen feuchten Papierbogen auf den zu kopierenden Satz[1]) (d. i. die aus einzelnen Lettern durch das Setzen gebildete Druckform) auflegt, mit einer Bürste oder durch Pressung eintreibt, hierauf einen zweiten feuchten mit Klebstoff bestrichenen Bogen auflegt und ebenfalls anschlägt u. s. f., bis ein Kartenblatt gebildet ist, welches die Erhöhungen des Satzes als Vertiefungen aufweist. Diese Papiermatrize wird nach dem Trocknen an die konkave Innenwand einer segmentförmigen Gußform [))] angelegt (eingespannt), und dadurch erhält man eine segmentförmige Gußplatte, welche auf ihrer konvexen Seite die Schrift erhaben trägt und schließlich einen Teil der Oberfläche des Typen-(Druck-) Zylinders bildet.

Stahlguß.

In neuerer Zeit ist der Stahlguß von außerordentlicher Wichtigkeit für den Maschinenbau geworden, indem man viele Maschinenteile, Kurbeln,

---

[1]) Siehe Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, III. Auflage, Bd. 2, S. 125 bis 159.

Kreuzköpfe, Schubstangen, Exzenter, Kolben, Zahnräder, Schiffschrauben usw. aus Stahl gießt, welche früher aus schmiedbarem Eisen oder aus Gußeisen hergestellt wurden.

Der Stahl wird im Siemensofen (S. 89) geschmolzen, in die Pfanne abgestochen und aus dieser gegossen. Der hohe Schmelzpunkt das Stahles erfordert besonders widerstandsfähiges Formmaterial und sehr scharf getrocknete Formen.

Als Formmaterial wird ein Gemenge von sehr feinem Quarzsande, Graphit (insbesondere Graphittiegelmehl) und feuerfestem Tone verwendet.

Es wird feucht geformt, wie bei der gewöhnlichen Sandformerei, doch hat die Masse eine etwas geringere Bindung als gewöhnlicher Formsand und muß gut gestampft werden. Die Formen sind vor dem Gebrauche scharf zu trocknen.

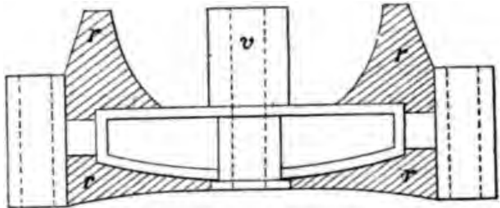


Abb. 262. Stahlguß. *r* verlorener Kopf, *rr* Verbindungsrippen.

Um **dichte** Güsse zu erhalten, werden sowohl kräftige verlorene Köpfe und entsprechend viele Steigröhren, als auch Verbindungsrippen angewendet, welche von dem ausgeglühten Gusse entfernt werden müssen, wodurch sich bedeutende Nacharbeit ergibt.

In der vorstehenden Abb. 262 stellt *v* den massigen verlorenen Kopf, *r*, *r* die Verbindungsrippen vor, ohne welche die einspringenden Winkel und die Kanten zu unrein ausfallen würden.

Bei einspringenden Winkeln des Gußstückes werden auch öfter in die Form Drahtstifte nur so weit eingesteckt, daß sie etwa zur Hälfte vorragen, sich im Metall lösen und dadurch dasselbe kühlen.

Das **Schwinden** beträgt zirka 1·8% und um diesem bedeutenden Schwinden Rechnung zu tragen, werden große Kerne nur mit 80 bis 100 *mm* Wandstärke ausgeführt und der Innenraum des Kernes mit Koks ausgefüllt, wodurch der Kern eine gewisse Nachgiebigkeit erlangt.

Damit die Güsse feines Korn erlangen, müssen sie ausgeglüht werden und dauert der Glühprozeß einschließlich Einsetzen, Anheizen, Auskühlen und Austragen 30 Stunden.

Das Schmelzen und Gießen.

Zum Schmelzen der Metalle bedient man sich der Schachtöfen, Flammöfen, Windöfen und Gefäßöfen (vgl. S. 165—168), deren Bau und Betrieb sich wesentlich nach dem Schmelzpunkte des Metalles richtet.

In der Eisengießerei werden zumeist jene Schachtöfen verwendet,

welche den Namen Kupolöfen führen. Sie arbeiten ökonomisch günstig. Nur ausnahmsweise stehen Flammöfen in Gebrauch, weil man mit ihnen eine bestimmte Eisenmischung zuverlässiger erreichen kann und durch oxydierende Einwirkung der Flamme imstande ist, zäheres Gußeisen zu erzielen. Tiegelöfen werden nur für das Schmelzen kleinerer Mengen, insbesondere bei der Erzeugung schmiedbaren Eisengusses, angewendet; sie bieten naturgemäß gleichfalls den Vorteil, die Mengung verschiedener Roheisensorten exakt durchführen zu können.

Kupolöfen sind Schachtöfen von 500 bis 1200 *mm* Durchmesser und 2500 bis 3500 *mm* Höhe über der Luftzuführung. Man kann nach Ledebur[1]) annehmen, daß unter normalen Verhältnissen pro 1 bis $1^1/_4$ cm^2 des Schachtquerschnittes an der engsten Stelle stündlich 1 *kg* Roheisen geschmolzen wird. Der Gesamtquerschnitt der Windeinströmungsöffnungen hat mindestens $^1/_8$ des Ofenquerschnittes (an der engsten Stelle) zu betragen, wird aber meist zu $^1/_4$ bis $^1/_5$, zuweilen sogar zu $^1/_2$ genommen.

Bei gut verteilter Windzufuhr können mit 1 *kg* Koks 15 *kg* Eisen geschmolzen werden. Die Windpressung beträgt 200 bis 500 *mm* Wassersäule.

In Kupolöfen schmilzt man Roheisen mittels Koks ein, unter Beigabe eines Zuschlages von Kalk, welchem zuweilen auch Flußspat zugesetzt wird. Man kann die Koksmenge pro Gicht (Postengewicht) mit 80 *kg* auf den Quadratmeter Gichtöffnung annehmen. Der Kalksteinzusatz beträgt etwa 18% der Koksmenge und bildet mit der Asche und dem Sandgehalte des Roheisens eine leichtflüssige Schlacke, welche sich auf dem geschmolzenen Roheisenbade sammelt und dasselbe vor Oxydation schützt.

Die älteren Kupolöfen unterscheiden sich von den neueren hauptsächlich dadurch, daß bei jenen nur eine, häufiger zwei Windeinströmungsöffnungen vorhanden sind, während die neueren Kupolöfen deren mehrere oder doch größere und in solcher Verteilung besitzen, daß eine reichlichere und örtlich ausgedehntere Windzufuhr, daher auch eine vollkommenere Verbrennung des Kohlenstoffes eintritt. Bei allen Kupolöfen ist für den Schlackenabfluß in ähnlicher Weise gesorgt, wie dies beim Hochofen besprochen wurde.

Da sich die älteren Kupolöfen in besser eingerichteten Eisengießereien nicht mehr vorfinden, besprechen wir nur einige der neueren Anordnungen, den Ireland-, Krigar-, Groednitzer-, Hamelius- und Herbertzofen und verweisen im übrigen auf Dürre's Eisengießerei.

Bei allen diesen Öfen ist der Schacht in der Hauptsache zylindrisch, nur in der Nähe der Luftzufuhr ist er etwas verengt ausgeführt; dies hat seinen Grund zumeist darin, daß man in der heißesten, dem Abschmelzen am meisten unterliegenden Zone durch Vergrößerung der Wandstärke den Ofen haltbarer machen will. Außen sind die zylindrischen Ofenflächen aus Kesselblech gebildet, die Öfen haben also sogenannte Blechmäntel, und

[1]) Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege von Professor A. Ledebur, Braunschweig, Vieweg.

diese sind mit feuerfesten keilförmigen Schamotteziegeln ausgemauert. Zur Bindung dieser Ziegel verwendet man einen Mörtel, welcher aus Schamotteziegelmehl, feuerfestem Tone und Wasser besteht. Der so gebildete Schacht muß langsam getrocknet werden.

Die Benützung dieser Öfen findet gewöhnlich 3 bis 4 Stunden des Nachmittags statt, während der übrige Teil des Tages in den Gießereien zur Herstellung der Formen verwendet wird. Vor dem Anheizen ist der Ofen von den anhängenden Schlacken zu reinigen und sind die schadhaften Stellen mit feuerfestem Tone (Schamottemörtel) auszubessern. Der Arbeiter muß zu diesem Zwecke den Ofen befahren können, weshalb sein Durchmesser nicht weniger als 500 *mm* betragen soll. Die Entfernung der Schlackenreste von der letzten Schmelzung, sowie das Befahren des Ofens

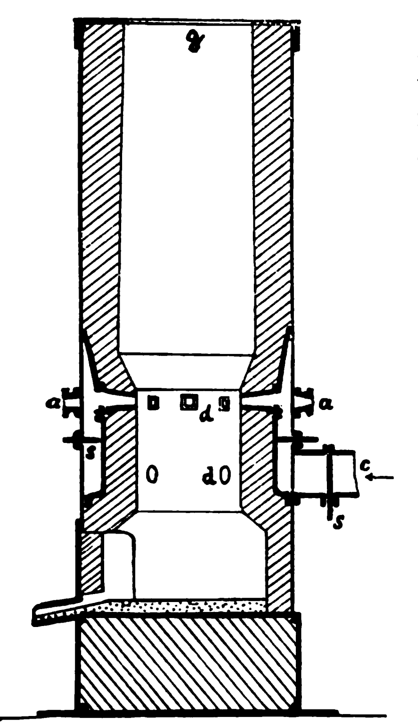


Abb. 263. Ireland-Kupolofen. *g* Gicht, *s* Schieber, *d* Düsen, *a* Schaulöcher.

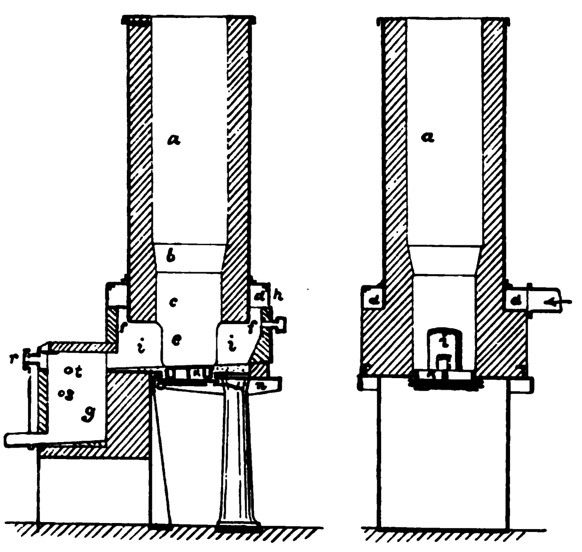


Abb. 264. Krigar's Kupolofen. *abc* Schacht, *d* Windkanal, *e* Herd, *g* Vorherd, *k* Klappenboden, *n* Verriegelung, *r* Schauloch, *s* Schlackenform.

wird wesentlich dadurch erleichtert, daß der Boden des Ofens als Klappe (Falltüre) ausgebildet ist (Krigar), deren Verschluß man am Ende des Betriebes aufstößt, wodurch die glühenden und zum Teile flüssigen Reste ausfallen, bevor sie zusammenbacken würden und ausgebrochen werden müßten.

Der Wind wird bei den neueren Kupolöfen nicht durch einzelne getrennte Düsen, wie wir solche beim Hochofen kennen lernten, zugeführt, sondern es ist um den Ofen ein meist rechteckiger eiserner Kanal (Ringkanal) gelegt, aus welchem kurze Hohlkegel den Wind in das Innere des Ofens führen. Durch diese Anordnung wird auch eine geringe, immerhin günstig wirkende Erwärmung des Windes erzielt.

Als erster Kupolofen dieser Einrichtung ist der Sefströmsche Kupolofen zu erwähnen, bei welchem aus dem Ringkanal 8 bis 16 Düsen, in zwei Horizontalreihen gelegen, in den Ofen eintreten. Der in Abb. 263 skizzierte Irelandofen ist dem Sefströmofen insofern ähnlich, als die Windöffnungen gleichfalls in zwei Horizontalreihen angeordnet sind, doch ist der Abstand derselben etwa doppelt so groß wie bei dem Sefströmofen und sind zwei Windringkanäle vorhanden, von welchen der obere aus dem unteren den Wind erhält. Durch Schieber läßt sich die Pressung im oberen Kanale niedriger halten und somit auch die Windwirkung mannigfach abändern.

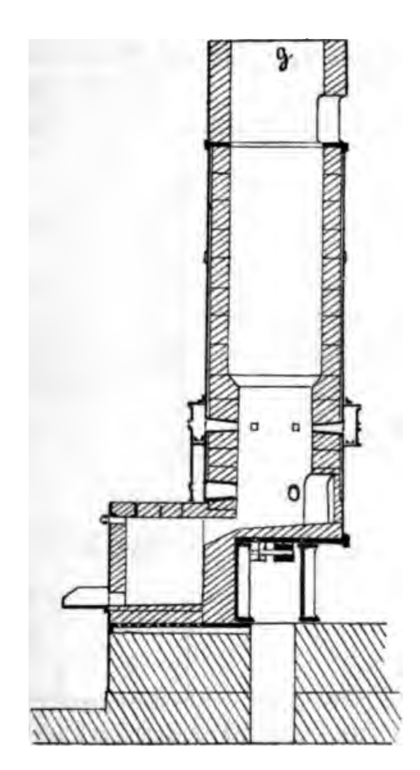



Fig. 265. Groednitzer Kupolofen.

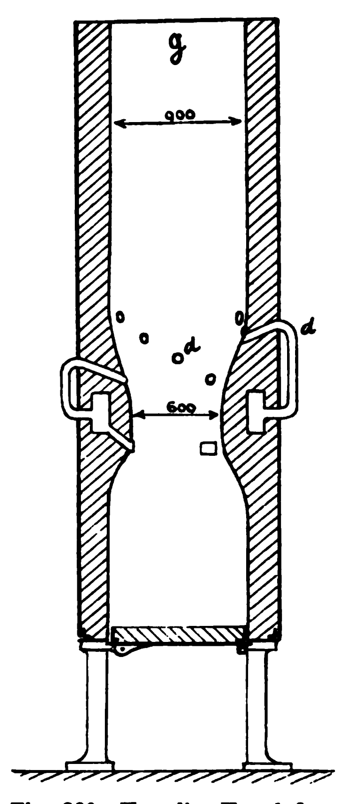


Fig. 266. Hamelius-Kupolofen.

Durch die größere Entfernung der Düsenreihen (400 bis 750 *mm*) und den bedeutenden Querschnitt (zusammen $^1/_4$ bis $^1/_2$ des kleinsten Ofenquerschnittes) wird die Verbrennung großenteils zu Kohlensäure erfolgen und der Effekt erhöht.

Den Krigarofen zeigt Abb. 264 und fällt sofort die Anordnung des Vorherdes, die eigenartige Windzuführung und der Klappenboden auf.

Der Vorherd gestattet die Ansammlung einer größeren Menge geschmolzenen Eisens und bewirkt, daß im eigentlichen Schmelzraume kein allmähliches Steigen des Eisenbades, daher auch keine Änderung der Windwirkung eintritt. Aus den beiden Abbildungen ist zu ersehen, daß der Wind in guter Verteilung in den Schmelzraum geführt wird.

Da sich der im Grundrisse eckige Vorherd Krigar's nicht einfach mit der Eisenarmierung versehen läßt, so hat man diese Form so abgeändert wie zeigt.

Als eine Variante des Krigarofens kann auch der Groednitzer Ofen bezeichnet werden (Abb. 265); die wesentlichste Abänderung liegt in der Windzuführung.

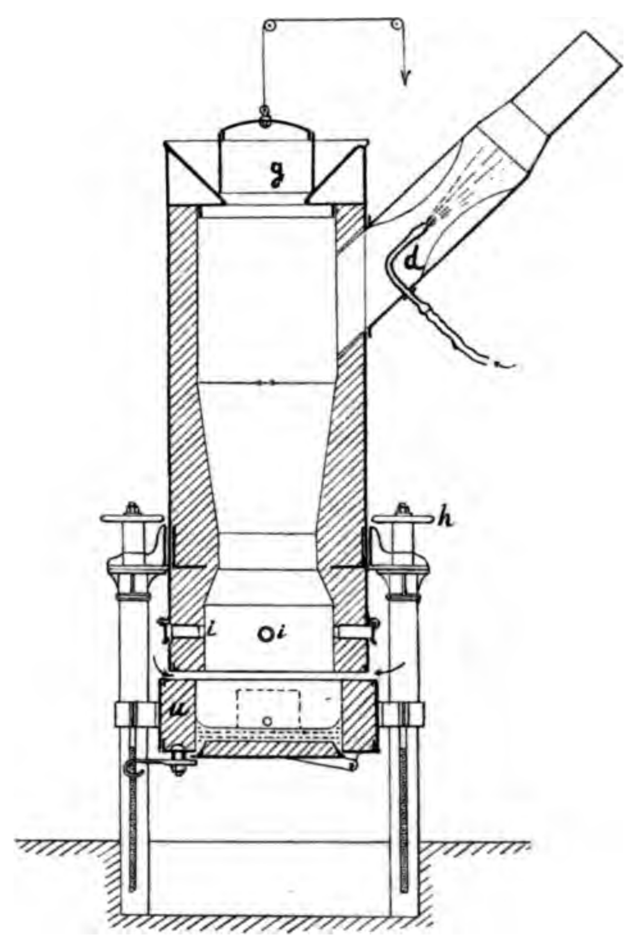


Abb. 267. Kupolofen von Herbertz. *g* Gicht, *d* Dampfrohr, *i* Schaulöcher, *h* Handrad zum Heben des Unterteiles *u*.

Eine noch weitere Verteilung des Windes ist bei dem Hameliusofen durchgeführt, welchen Abb. 266 darstellt; dieser Ofen ist mehrfach mit sehr gutem Erfolge in Anwendung und soll, vom Anheizen abgesehen, mit 4 *kg* Koks 100 *kg* flüssiges Roheisen liefern. Es sind vier rechteckige größere Windöffnungen und zwölf kleine kreisförmige vorhanden.

Der Kupolofen von Herbertz weicht von den vorbesprochenen Öfen dadurch wesentlich ab, daß die Windbewegung durch die Saugwirkung eines Dampfstrahlgebläses erfolgt. Der Ofen besteht aus

einem langen Ober- und einem kurzen Unterteile, deren Abstand, durchschnittlich 15 *mm* betragend, sich einstellen läßt. Der rundum laufende Spalt zwischen diesen beiden Teilen, dem Schachte und dem Herde, gestattet der äußeren Luft den Eintritt in den Ofen und ist derselbe eine Folge des im Ofen herrschenden Unterdruckes von 40 bis 60 *mm*, welcher durch die Saugwirkung des bei *d* (Abb. 267) eintretenden Dampfstrahles bedingt wird. Für einen Ofen von 950 *mm* Herdweite und stündlicher Leistung von 1900 bis 2000 *kg* Eisen ist ein stündlicher Dampfverbrauch von 70 *kg* bei $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ Atmosphären Spannung erforderlich; entsprechend 10 *kg* Koks. Der Ofen verbraucht zum Anheizen bei 200 *kg* Füllkoks und pro 100 *kg* geschmolzenes Eisen des weiteren 4 bis 6 *kg* Koks.

Die Gicht ist in der Regel geschlossen und wird nur bei der Beschickung geöffnet, analog der beim Hochofen beschriebenen Anordnung. Als ein Vorteil dieses Ofens ist geringe Veränderung des Eisens hervorzuheben. Wie aus Abb. 267 ersichtlich, kann der Herd durch (vier) Schrauben herabgelassen werden.

Das geschmolzene Roheisen wird aus den Kupolöfen in Pfannen gesammelt. Beabsichtigt man große Güsse herzustellen, für welche die Menge des im Ofen angesammelten Eisens nicht zureicht, dann läßt man den Ofen etwas heißer gehen, um so weit überhitztes Eisen zu erlangen, daß man die Mengen von zwei bis drei Abstichen in einer Pfanne ansammeln kann, ohne Erstarrung befürchten zu müssen. Der Kupolofenprozeß wird für den Gußmeister wesentlich leichter kontrollierbar, wenn an der Windleitung ein Manometer angebracht ist, welches die Bestimmung des vorhandenen Winddruckes (300 bis 500 *mm* Wassersäule) gestattet.

Auf dem flüssigen Roheisen schwimmt in den Pfannen fast immer etwas Schlacke, welche man teils abhebt, teils beim Eingießen des Eisens in die Gußformen durch vorgehaltene Bleche zurückzuhalten sucht. Macht man durch Zurückschieben der Schlacke die weißheiße Oberfläche des geschmolzenen Eisens dem Auge sichtbar, so gewahrt man auf derselben Zeichnungen, welche mit der Qualität des Gußeisens in Zusammenhang stehen. Bei flüssigem Holzkohlenroheisen erscheinen, wie Ledebur angibt, auf weißem Grunde dunklere Kreuze (+), bei Koksroheisen dreieckige und trapezähnliche Flecke. Der geübte Gießer kann aus diesen Zeichnungen Schlüsse auf die Qualität des Eisens ziehen.

Beim Gießen soll der Strahl flüssigen Eisens stetig in die Form fließen, bis dieselbe gefüllt ist. Durch die Einwirkung des flüssigen Eisens bilden sich bei „grünem" Sande nicht nur Dämpfe, sondern auch Kohlenwasserstoffe, welche aus den Zwischenräumen der Formkasten austreten und sofort entzündet werden müssen, damit nicht größere Ansammlungen explosiver Gasgemische entstehen. Von der meist erforderlichen Beschwerung der Formkasten wurde bereits gesprochen.

Das Schmelzen von Bronze, Messing und Tombak findet je nach den zu schmelzenden Mengen meist in Flammöfen oder in Wind-

öfen statt. Schachtöfen eignen sich hier deshalb weniger, weil durch die Einwirkung des Windes leicht eine Oxydation des Zinkes eintritt, welches stets im Tombak und im Messing, häufig auch in der Bronze enthalten ist. Die benützten Flammöfen unterscheiden sich von den Puddelöfen (S. 73) dadurch, daß der Herd fast eben, mehr vertieft und gegen die Seite des Stichloches entschieden geneigt ist. Regenerativöfen stehen deshalb in den Bronzegießereien gewöhnlich nicht in Verwendung, weil die kurze Schmelzdauer und die geringen Massen zu schmelzenden Gutes diese Öfen nicht angezeigt erscheinen lassen; sonst stünde ihrer Anwendung kein Hindernis entgegen. In den meisten Fällen sind die Mengen der zu schmelzenden Legierungen so gering, daß in Tiegeln geschmolzen werden muß.

Die exakte Mischung ist hier und bei Anwendung der Flammöfen nicht schwierig; man kann dieselbe durch Rühren mit hölzernen Stangen, welche infolge oberflächlicher Verkohlung auch reduzierend wirken (vgl. S. 124), befördern.

In Abb. 268 ist ein Windofen skizziert, wie er zu Messingguß häufig in Anwendung steht. Ähnliche Öfen werden auch in den Münzstätten zum Schmelzen jener Silber-Kupfer- und Gold-Kupfer-(Silber-) Legierungen, welche zur Herstellung der Münzen dienen, angewendet.

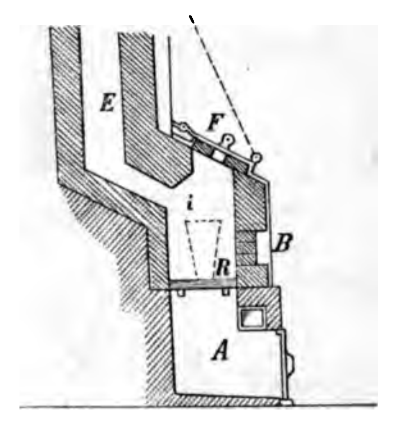


Abb. 268. Windofen. A Aschenfall, R Rost, i Tiegel, E Esse, F Feuertür, B Brust des Ofens mit aushebbaren Verschlußsteinen.

Die Goldarbeiter bedienen sich gerne der Perrot'schen oder der Roeßler-schen Gasöfen, weil einerseits ein Bersten (Krepieren) des Tiegels das edle Metall in eine Fangschale fließen läßt, anderseits die Schmelzung ohne Beihilfe von Arbeitern durch den Leiter der Werkstätte selbst vorgenommen werden kann. Abb. 269 zeigt den Perrot'schen Gasschmelzofen, bei welchem das Gas durch ein System Bunsen'scher Brenner g mit atmosphärischer Luft regelbar gemengt zur Verbrennung gelangt. Die Flammen steigen an dem Tiegel aufwärts, treten oben bei S durch ein Loch der Muffe a aus, fallen um die Muffe herum nach abwärts und gelangen hierauf in den Schornstein. Dieses doppelte Flammenspiel, welches aus der schematischen Darstellung des Perrot'schen Muffelofens (Abb. 271) vielleicht noch deutlicher ersichtlich ist, steigert die Temperatur im Verbrennungsraume indirekt dadurch, daß sie die Wärmeableitung aus demselben vermindert.

Die Regelung der Luftzufuhr in das Innere der Bunsenbrenner geschieht durch Drehung eines Ringes R (Abb. 270), welcher durch Zapfen n auf die mit den Lufteinströmungsöffnungen versehenen, auf jede einzelne Brennröhre aufgeschobenen, drehbaren Ringe h einwirkt und die kreisförmigen Löcher von Ring und Rohr mehr oder weniger zusammenfallen macht.

Die Gasschmelzöfen von Roeßler steigern die Verbrennungstemperatur dadurch, daß sie die zu den Brennern geleitete Luft vorhitzen, zu welcher Erwärmung die höhere Temperatur der Ofenwände benützt wird.[1])

Für den Mitisguß, d. i. für die Herstellung kleiner Gußstücke aus geschmolzenem weichen Eisen bedient sich die Sächsische Webstuhlfabrik in Chemnitz eines eigenartigen Naphthaofens. Siehe Zentralblatt der Bauverwaltung 1892, Nr. 21.

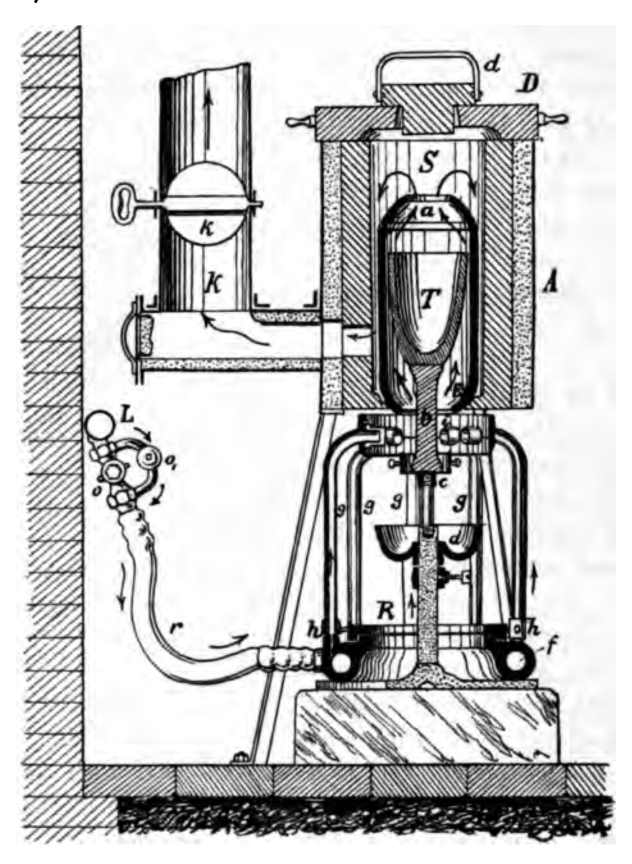


Abb. 269. Perrot's Gasofen. *L* Gasleitung, *o* Haupthahn, o_1 Nebenhahn für das Anwärmen, *r* Kautschukschlach, *f* Ringrohr, *g* Brenner, *d* Fangschale, *c* Zentrierring für den Käs *b*, *T* Tiegel, *E* Schamottehülse, *a* deren Kappe, *d* und *D* Deckel, *K*, *k* Rauchrohr und Klappe, *h* und *R* für Regulierung der Lufteinströmung.

Für das Schmelzen von Blei, Schriftgießermetall, Zinn u. dgl. leichtflüssigen Metallen, welche zudem die Eigenschaft haben, Eisen nicht anzugreifen, kann man sich sogenannter Kesselöfen bedienen, welche, wie Abb. 272 zeigt, aus einer eisernen Pfanne (Kessel) *K* in entsprechender Einmauerung über einem das Brennmaterial tragenden Roste *R*

---

[1]) Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt vorm. Rößler, Frankfurt a. M. (L. Rößler, Wien, VII, Neustiftgasse 119.)

bestehen. Der Raum über dem Roste steht in geeigneter Verbindung mit dem Schornsteine.

Zum **Schmelzen des Platins** bedient man sich, wenn die Schmelzung in kleinen Mengen erfolgt, eines **Knallgasofens** (Abb. 273), welcher aus zwei entsprechend ausgeschnittenen Stücken gebrannten Kalkes besteht.

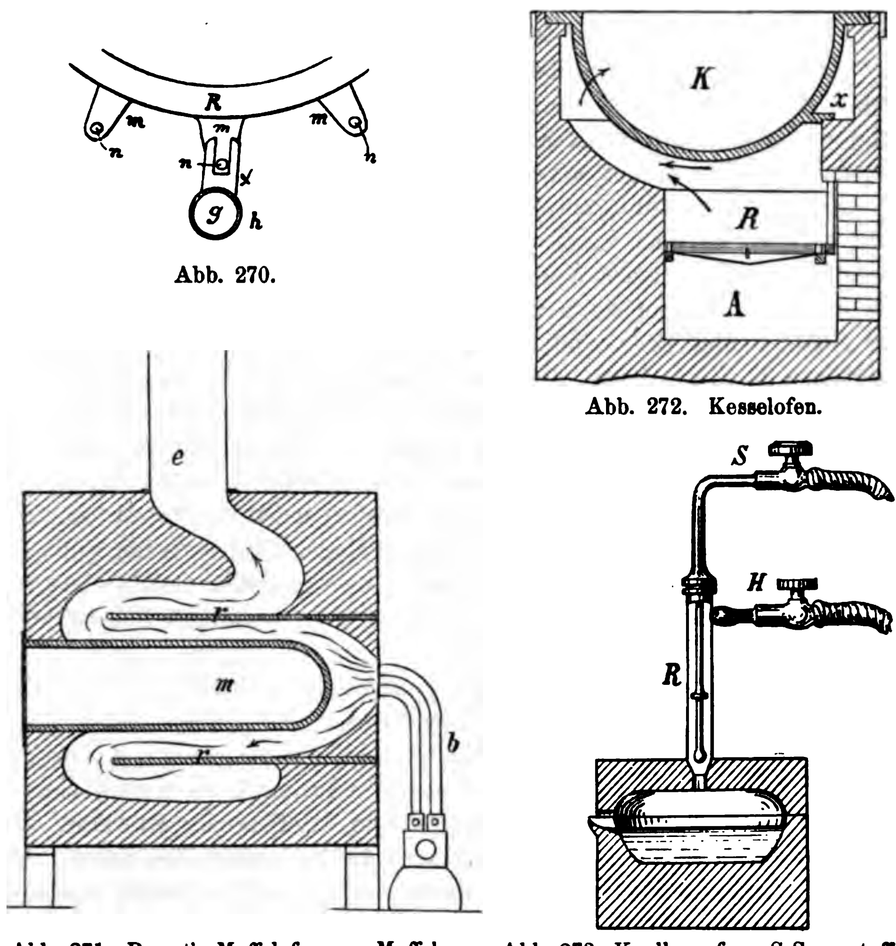


Abb. 270.

Abb. 272. Kesselofen.

Abb. 271. Perrot's Muffelofen. *m* Muffel, *r* Schamotterohr, *b* Brenner, *e* Esse.

Abb. 273. Knallgasofen. *S* Sauerstoff-Zuleitungsrohr, *H* für Wasserstoff.

Durch die Decke tritt ein Rohr *R*, welches Sauerstoff und Wasserstoff im richtigen Verhältnisse gemengt zuführt. Diese Mengung kann, wie aus der Abb. 273 ersichtlich ist, unmittelbar vor der Eintrittsstelle erfolgen, und geschieht dies der Sicherheit wegen, da das Gemenge explosibel ist.

Elektrische Schmelzöfen werden zum **Metallschmelzen** sehr selten verwendet, teilweise deshalb, weil Metallverdampfungen eintreten würden, teils auch aus ökonomischen Gründen. Sie werden aber als Härteöfen und zur Erzeugung von **Aluminium**, **Karborundum**, **Kalziumkarbid** usw. benützt.

Von der Appretur der Gußstücke.

Die Gußstücke kommen aus den Formen samt den Angüssen, Steigröhren und Gußnähten heraus, und bedürfen einer Appretur, welche zunächst in dem Abtrennen dieser Ansätze, meist mit dem Meißel, besteht.

Bei hohlem Eisen- und Messinggusse müssen auch die Kerne entfernt werden, eine z. B. bei Dampfzylindern recht mühsame Arbeit. (Vgl. S. 234).

Die Oberfläche der Gußstücke ist nur bei Zinn, Blei- und Zinnlegierungen u. dgl. metallisch glänzend, bei Eisen, Bronze und Messing, ja selbst bei Gold-Kupfer- und Silber-Kupferlegierungen infolge oberflächlicher Oxydation mehr oder minder schwärzlich und unscheinbar.

Bei dem gewöhnlichen Eisengusse wird die vom Sande — zuweilen unter Anwendung eines Sandstrahlgebläses (s. Schleifen) oder bei kleineren Gußstücken mittels einer Scheuertonne — gereinigte Oberfläche nachträglich häufig mit einem Anstriche versehen, so z. B. bei Maschinenständern. Der Messing- und Bronzeguß hingegen wird vorwaltend an seiner ganzen Oberfläche blank gearbeitet, die feineren Details oft mit Sticheln nachgraviert (ziseliert), was viel Mühe macht und den Preis der Ware wesentlich steigert. Daher erklärt es sich leicht, daß ein gegossener Messing- oder Bronzeleuchter in der Regel viel teurer ist, als ein aus Messing- oder Bronzeblech erzeugter.

Die Gold-Silberlegierungen werden meist zu Platten vergossen, aus welchen man Bleche herstellt. Figurale Gegenstände werden selten unmittelbar durch Guß hergestellt. Die beim Gusse gebildete Oxydschicht wird bei diesen Materialien häufig durch Beizen mit verdünnter Schwefelsäure entfernt.

Eine besondere, bereits auf S. 95 erwähnte wesentliche Veränderung erlangt der Eisenguß durch das Adouzieren oder Tempern, und heißt die so veränderte Ware adouzierter oder getemperter Eisenguß, häufiger noch schmiedbarer Guß oder Weichguß. Im wesentlichen ist das Adouzieren ein Glühen der Gußstücke in oxydierender Substanz. Man legt in eisernen Büchsen oder Blechkasten die zu tempernden Stücke meist in grobkörniges Pulver von Roteisenstein oder scharf gerösteten Spateisenstein ein, verschließt die Büchsen und glüht sie in eigenen Öfen, je nach dem Querschnitte der Stücke mehr oder minder lang, etwa 50 bis 120 Stunden. Das zum Gusse verwendete Roheisen muß ein weißes oder zum Weißwerden geneigtes lichtgraues Roheisen sein. Durch das Glühen in oxydierender Substanz wird den Gußstücken ein großer Teil des Kohlenstoffes entzogen und gehen sie in einen Zustand über, welcher Biegen ohne Bruch, Strecken mit dem Hammer und Schmieden zuläßt, daher die Benennung schmiedbarer Eisenguß ganz zutreffend ist. Das Wort Weichguß ist minder bezeichnend und wird auch zuweilen zur Unterscheidung von Hartguß für den gewöhnlichen Eisenguß gebraucht. Die Bezeichnung Weichgießerei wird wohl ausschließlich dann gebraucht, wenn die Erzeugung schmiedbaren Gusses gemeint ist. Zahlreiche kleine Gegenstände, als Schlüssel,

Schloßbestandteile, Steigbügel, Pferdegebisse und viele Bestandstücke landwirtschaftlicher Maschinen sind schmiedbarer Eisenguß. Ihre Herstellung kommt auf diesem Wege weit billiger zu stehen, als durch Schmieden.[1])

Durch entsprechende Wahl des Roheisens und sehr sorgfältiges Verfahren ist es sogar möglich, ein ziemlich gutes, stahlähnliches Erzeugnis zu liefern, welches sich härten läßt. Besonders vorzüglicher schmiedbarer Eisenguß wird in der Lenz'schen, ehemals Fischer'schen, Weichgießerei in Traisen bei St. Pölten erzeugt.

Das Emaillieren von Güssen findet beim Eisengusse, insbesondere bei dem Topfgusse, zu dem Zwecke statt, die mit Email überzogenen Teile, bei Töpfen die Innenseite, gegen die Einwirkung verdünnter Säuren und vor Rostbildung oder Abnützung zu sichern. Das Email ist ein Glas,

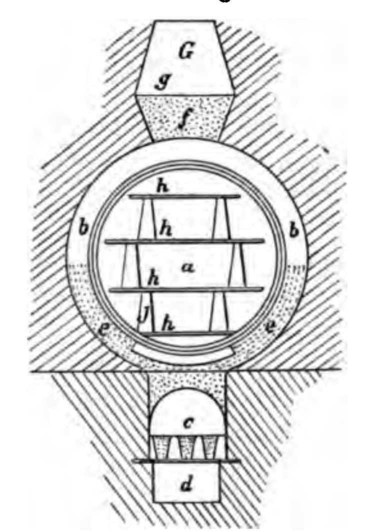


Abb. 274. Muffelofen, Querschnitt.

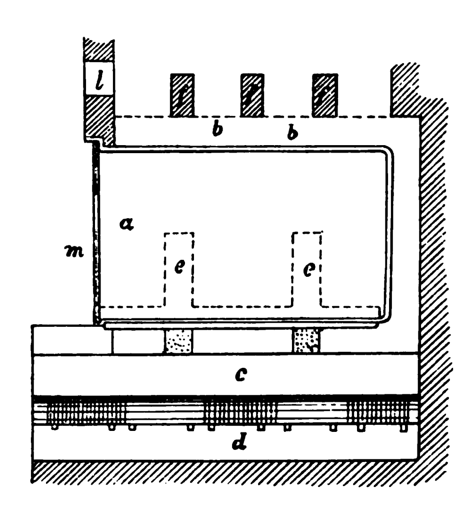


Abb. 275. Muffelofen, Längsschnitt.

dessen wichtigster Bestandteil Feldspat ist; es wird auf die durch Beizen rein gemachte Fläche aufgetragen und eingebrannt. Das Auftragen der Emailmasse erfolgt dadurch, daß man das feingepulverte Email in Wasser zu einer dickflüssigen Masse anrührt und diese in geeigneter Weise (Eintauchen, Ausschwenken usw.) auf der zu emaillierenden Fläche aufträgt und trocknen läßt. Das Einbrennen oder Aufschmelzen der Emailmasse erfolgt durch Erhitzen im Muffelofen bis zum Flüssigwerden des Emails. Die Größe dieser Ofen richtet sich nach der Größe und Menge der zu emaillierenden Stücke, das Wesentlichste besteht stets in einer rundum von Flammen umspielten Muffe oder Muffel aus feuerfestem Material, welche in den Ofen derart eingebaut sein muß, daß sie in ihrer ganzen Ausdehnung zu hellem Glühen gebracht werden kann. Abb. 274 und 275 stellen einen solchen zu den Gefäßöfen (S. 167) gehörigen Ofen im Längs- und Querschnitte dar.

[1]) Näheres siehe in Rott: Die Fabrikation des schmiedbaren und Tempergusses. Leipzig, Baumgärtner 1881.

Die Muffel *a* ist in den Glühraum *b* eingesetzt und wird mittels der Stege *e* getragen. *c* ist der Verbrennungsraum, *d* der Aschenfall, *f* Stützsteine für die Esse *g G*, die Verschlußplatte *m* mit schließbarem Schauloche. Die Öffnung *l* dient zur Regelung des Luftzuges. Der Rost ist länger gehalten, um im Bedarfsfalle mit Vorfeuer arbeiten zu können. Die Tonplatten *h*, auf welche die zu emaillierenden Stücke aufgesetzt werden, sind von Prismen oder Röhren *J* getragen.

Literatur. Hervorgehoben seien: Dr. Ernst Friedrich Dürre, Handbuch des Eisengießereibetriebes. 3. Aufl., Leipzig 1892. A. Ledebur, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. 2. Aufl., Weimar 1892.

2. ABSCHNITT.

Hammerarbeit und Schmieden.

Unter Hammerarbeit verstehen wir die Bearbeitung bildsamer Metalle bei gewöhnlicher Temperatur mittels des Hammers, unter Schmieden die analoge Bearbeitung glühenden Metalls, insbesondere des glühenden Eisens.

Das uralte Werkzeug, der Hammer, wird in verschiedenen Formen und Größen verwendet. Das Arbeitstück ruht bei der Hammerarbeit wie beim Schmieden gewöhnlich auf einer festen Unterlage, dem Amboß oder Ambos, dessen Gestalt gleichfalls sehr verschieden sein kann, beziehungsweise der Art der Arbeit nach sehr verschieden sein muß.

Die durch die Muskeltätigkeit des Arbeiters im Hammer angesammelte lebendige Kraft oder mechanische Arbeit kommt in der sehr kurzen Zeit (s. S. 35), in welcher der Hammer bei dem einzelnen Schlage auf das Arbeitstück formändernd einwirkt, als sehr hoher spezifischer Druck zur Wirkung und bewirkt im Materiale Verschiebungen der Massenteilchen, zu welchen man ohne Stoßwirkung, also bei ruhigem Drucke, außerordentlich kräftige Pressen benötigen würde, und insoweit man sie bei dem Preß-schmieden wirklich anwendet, auch gebrauchen muß. Der Hammer ist durch seine Stoßwirkung das einfachste Mittel Formänderungen zu erzielen, welche sonst nur bei sehr hohen Pressungen erfolgen.

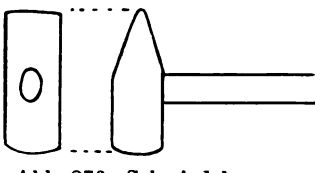


Abb. 276. Schmiedehammer.

Der Hammer, dessen gewöhnlichste Gestalt durch Abb. 276 dargestellt ist, besteht aus einem durchlochten Stahlstück, dessen breite Endfläche die Bahn, dessen schmale Endfläche die Finne des Hammers heißt. In das Loch wird der Stiel eingeschoben und gut verkeilt.

Ist die Bahn des Hammers eine Ebene, so baut sich beim Schlage unter derselben ein Materialkegel auf, welcher in das übrige Material eindringt, wie dies nach dem auf S. 11, 13 und 16 Gesagten bekannt ist.

Wäre das bearbeitete Material spröde,[1] so würde der eindringende Keil es teilen; ist es bildsam, so bewirkt er weiter fortschreitende Material- oder Schichtenverschiebungen (s. S. 12 und 13).

Ist die Hammerbahn nicht eben, sondern konvex, so erfolgt das Eindringen des Hammers in das Material leichter (vgl. Abb. 14, S. 12) und die seitliche Verschiebung der Massenteilchen wird bei gleicher Schlagstärke bedeutender.

Der Amboß als Gegenstütze wirkt ganz ähnlich, wenn die Masse des Arbeitstückes im Verhältnisse zur Masse des Hammers keine allzu große ist. Die obere Fläche des Ambosses dringt dann nahezu ebenso in das Arbeitstück ein wie die des Hammers, wenn sie an Form und Größe der Hammerbahn gleich ist und das Arbeitstück nicht, wie bei glühendem Eisen, infolge von Wärmeentziehung durch den Amboß örtlich widerstandsfähiger geworden ist.

Ist hingegen das Arbeitsstück bedeutend voluminöser als der Hammer und schwer bildsam, wie z. B. kaltes Eisen, dann bewirken die Hammerschläge keine durchgreifende Verschiebung der Massenteilchen; die Einwirkung des Hammers erstreckt sich dann nur auf die der Schlagstelle nahen Massenteilchen und in diesen können dann ganz örtliche Spannungen entstehen. So erklärt es sich, daß Wellen, welche mittels kleiner Hämmer gerade gerichtet worden sind, wieder krumm werden, wenn man sie auf die Drehbank bringt und die äußeren in Spannung versetzten Schichten abdreht.

---

[1]) **Nicht die Größe des zu zerkleinernden Stückes ist für die aufzuwendende Pressung besonders maßgebend, sondern vielmehr die Druckfestigkeit des unmittelbar gedrückten Teiles. Bauschinger hat gefunden, daß bei ungleichförmig verteiltem Drucke der Bruch an den gefährlichsten Stellen beginnt, wenn die Druckspannung daselbst jenen Wert erreicht, bei welchem bei gleichmäßig verteilter Belastung der Bruch erfolgt. — Dieser wichtige Satz ist aus einer größeren Zahl von Versuchen abgeleitet und soll an einem Beispiele besonders ausgeführt werden. Setzt man auf das Steinprisma Abb. 277 das Druckstück *s*, so erfolgt der Bruch bei derselben Pressung, bei welcher jenes Steinprisma zum Bruche gelangen würde, welches der Grundfläche des Aufsatzstückes *s* entspricht und welches in der Abbildung durch Punktierung angedeutet ist. Das Material, welches jenes Prisma *abcd* umgibt, hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Druckfestigkeit. Die zum Absprengen des umgebenden Materials erforderliche Kraft ist so gering gegenüber der zum Zerdrücken des Prismas *abcd* erforderlichen, daß sie bei den Verhältnissen des Versuches gar nicht in Betracht kommt; und das ist bei Berücksichtigung der geringen Zugfestigkeit solchen Materials auch erklärlich. Dieses Ergebnis erklärt es, warum zum Zerschlagen sehr harter Steine kleine Hämmer mit stark konvexen Bahnen Anwendung finden. Hierdurch wird die Fläche *ab* klein und braucht durch den Schlag nur die Druckfestigkeit eines sehr kleinen Prismas überwunden zu werden.**

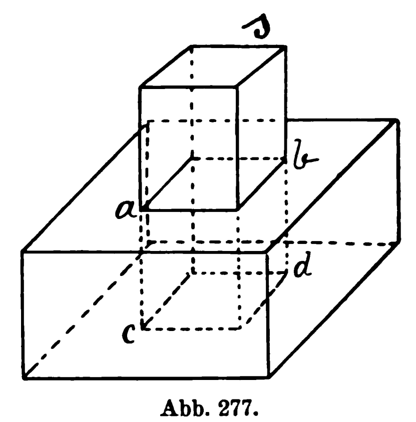


Abb. 277.

Bei Anwendung von ruhigem Drucke ist Ähnliches nicht möglich, weil bei diesem die Pressung stets Zeit findet, im bildsamen Materiale sich fortzupflanzen, wodurch dieses als Ganzes an der Einwirkung teilnimmt.

Die Hammerarbeit findet auf dicke Stücke bildsamer Metalle, weil dieselben bei gewöhnlicher Temperatur der Verschiebung ihrer Massenteilchen einen zu hohen Widerstand entgegensetzen, wenig Anwendung; man macht hingegen von derselben zur Gestaltänderung von Blechen einen sehr ausgiebigen Gebrauch und faßt diese Arbeiten unter der Benennung Treiben oder Treibarbeiten zusammen. Im engeren Wortsinne versteht man unter Treiben die Bildung einer Hohlform aus einer ebenen Blechscheibe.

Treibarbeiten.

Wird ein kreisrund zugeschnittenes Blech auf einen ebenen Amboß gelegt und gehalten und allmählich am Rande rundum durch Hammerschläge gestreckt, so wird infolge der Streckung des Randes ein Aufsteigen desselben aus der Ebene der Scheibe eintreten und bei dem weiteren Fortschreiten der Arbeit wird man mehr und mehr das Blech derart schräg auf

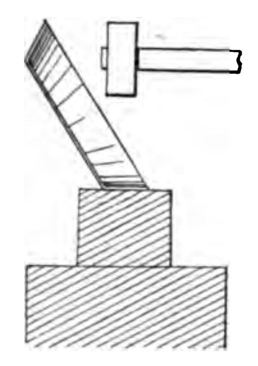


Abb. 278. Das Aufziehen.

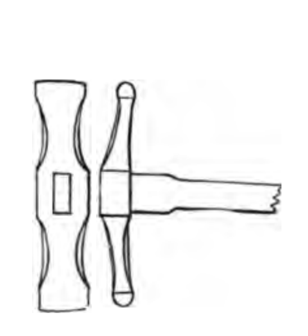


Abb. 279. Aufziehhammer.

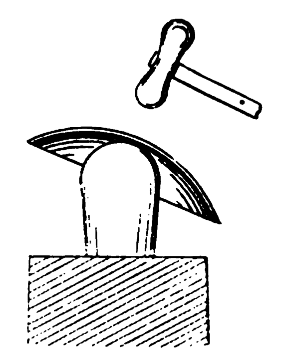


Abb. 280. Das Austiefen.

dem Ambosse auflegen müssen, daß nur jener Randteil, welcher soeben vom Hammer getroffen werden soll, seine Stützung findet, wie dies Abb. 278 darstellt. Diese Arbeit heißt aufziehen. Der Hammer, welcher zu dieser Arbeit vorteilhaft Anwendung findet, wird eine schmale, stark gekrümmte Endfläche haben müssen, gleichsam nur Finne, und ist derselbe — Aufziehhammer genannt — durch Abb. 279 dargestellt.

Wählt man hingegen einen stark konvexen Amboß und einen ähnlichen Hammer, und bearbeitet man eine Blechscheibe von der Mitte gegen außen derart, daß die einzelnen Punkte, auf welche der Hammer trifft, in einer Spirale mit sehr engen Windungen liegen, so geht die ebene Blechplatte allmählich in die Gestalt einer Kugelschale über und bei weiterer entsprechender Fortsetzung der Arbeit wird das Gefäß mehr und mehr vertieft.

Diese Arbeit, Austiefen genannt, ist durch Abb. 280 gekennzeichnet und der hierzu verwendete Treibhammer durch Abb. 281.

Sollen diese Arbeiten zu regelmäßigen Formen führen, so müssen die Bleche sehr gleichförmigen, zähen Materials — *gut treibbar* — sein; die Anwendung der einfachen Werkzeuge muß mit außerordentlicher Geschicklichkeit erfolgen und die durch die Arbeit in das Blech kommenden Spannungen müssen durch zeitweiliges Ausglühen entfernt werden.

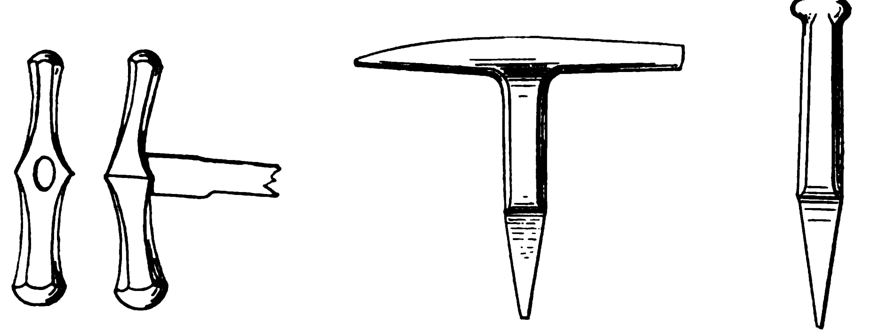


Abb. 281. Treibhammer. Abb. 282. Schweifstock. Abb. 283. Faust.

Treibbleche werden jene zähen Bleche genannt, welche sich zur Treibarbeit besonders eignen. Insbesondere liefert reines *Kupfer* solche Bleche und werden dieselben durch die *Kupferschmiede* zu den mannigfachsten Formen verarbeitet. Der Kupferschmied ist mit Recht stolz auf sein Gewerbe, welches er eine Kunst nennt.

Außer den oben besprochenen Arbeiten des Aufziehens und Austiefens, welche auch bei vielgestaltiger Form an demselben Stücke in mannigfachem Wechsel zur Anwendung kommen können, werden mit Hammer und Amboß den Arbeitstücken noch die mannigfachsten Biegungen gegeben. Die Mannigfaltigkeit der Arbeiten des Kupferschmiedes, des Gold- und Silberarbeiters bedingen auch sehr mannigfach geformte Hämmer und Ambosse. So zeigt Abb. 282 den *Schweifstock*, Abb. 283 die *Faust*, Abb. 284 das *Treibstöckchen.*

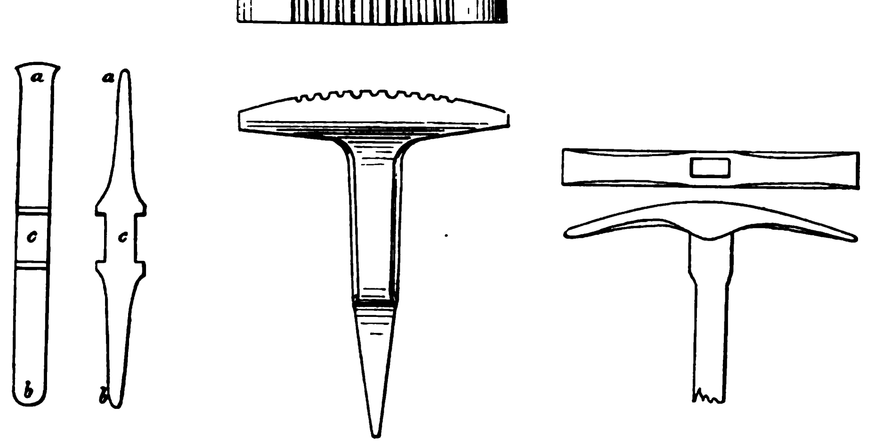


Abb. 284. Treibstöckchen. Abb. 285. Siekenstock. Abb. 286. Siekenhammer.

Die Abbildungen 285 und 286 zeigen den sogenannten *Siekenstock* und *Siekenhammer*, mittels welcher wellenförmige Vertiefungen, beziehungsweise Erhöhungen in das Blech oder die Blechhohlform geschlagen werden können. Für je zwei verschieden große Rillen des Siekenstockes genügt *ein* Siekenhammer, dessen zwei finneartigen Bahnen zu den Rillen oder Furchen des Siekenstockes passen müssen. Die hier angeführten Werkzeuge sind nur als einige Beispiele aufzufassen.

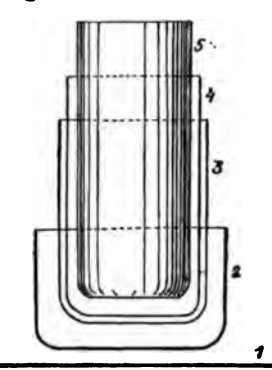


Abb. 287. Übergangsformen beim Treiben.

Durch entsprechende Fortsetzung der in Abb. 280 gekennzeichneten Arbeit des Austiefens ist man imstande, bei öfterem Ausglühen und unter Anwendung geeigneter Ambosse allmählich Hohlformen wachsender Tiefe zu erzeugen, wie solche Abb. 287 zeigt, welcher Abbildung wir später beim Stanzen wieder begegnen werden.

Denkt man sich von einer dieser Hohlformen, z. B. der letzten, den Boden weggeschnitten, so hat man aus der ebenen Blechscheibe *ein Rohr getrieben*. Dieses läßt sich über einen starren Arm mit eingesetzter kurzer Faust oder über ein entsprechend geformtes Fausteisen schieben, und nun kann man aus dem Rohre an beliebiger Stelle eine Beule austreiben; man kann, mit dem Hammer stets von außen arbeitend, diese Beule wieder nach Art der in Abb. 287 gezeichneten Hohlformen allmählich weiterbilden, endlich die Kappe des so entstandenen Rohrzweiges abschneiden und hat ein Hauptrohr mit seitlicher Abzweigung aus einem Stücke erhalten.

Daß solche Arbeiten nicht nur hohe Geschicklichkeit, sondern auch sehr viel Zeit erfordern, ist wohl begreiflich, nicht nur des öfteren Ausglühens wegen, sondern auch darum, weil ein einziger zu stark oder fehlerhaft geführter Schlag ein Reißen des Werkstückes (unganzschlagen) bewirken kann.

Treibarbeit wird auch zu mannigfacher Kunstarbeit verwendet. Der *Kunstschlosser* treibt Ranken und Laubwerk, letzteres meist auf einer Bleiplatte als Unterlage, und verbindet die getriebenen Teile durch Schweißen, Löten, Nieten zu einem Ganzen. Der *Gold- und Silberarbeiter* treibt aus Silberblech, welches auf dem Treibpeche, einer aus Pech- und Ziegelmehl gebildeten Masse aufgekittet ist, mittels kleiner, stählerner Werkzeuge, *Punzen*, die mannigfachsten Figuren.

Das *Treibpech* wird durch Erwärmen weich und gestattet den zu treibenden Gegenstand bald mit der Bildseite, bald mit der Gegenseite aufzukitten. Hierdurch kann abwechselnd von beiden Seiten getrieben werden; man wendet das Treibpech gern als kugeligen Klumpen oder eingegossen in eine hohle Halbkugel an, um den aufgekitteten Gegenstand bequem in verschiedene Lagen bringen zu können. Hierfür ist die Benennung *Treibkugel* gebräuchlich.

Die **Punzen** sind kleine Stahlstäbchen, deren verjüngtes Ende kugelig, ellipsoidisch oder eben ist, oder in eine scharfe oder abgerundete Schneide oder Spitze endigen kann, je nachdem es die Wirkung erfordert, welche man hervorbringen will. Die Punzen können an ihrer Endfläche auch in die verschiedensten Figuren (Buchstaben, Ziffern usw.) auslaufen und kann man mit ihnen in dem zu treibenden Bleche die entsprechenden figuralen Eindrücke erzielen. Zur Vollendung solcher Arbeiten werden auch schneidende Werkzeuge — Stichel — verwendet und bezeichnet man die Verbindung von Treib- und Grabstichelarbeit durch den Ausdruck **Ziselieren**.

Vom Schmieden.

Das Sprichwort, „man muß das Eisen schmieden, solange es heiß ist" sagt in Kürze, daß die Formänderung glühenden Eisens wesentlich leichter erzielt wird, als die des kalten. Helle Rotglut ist die richtige Temperatur fürs Schmieden, bei dieser wird kaum ein Sechstel der Arbeit benötigt,[1]) welche bei gewöhnlicher Temperatur erforderlich wäre. Sinkt die

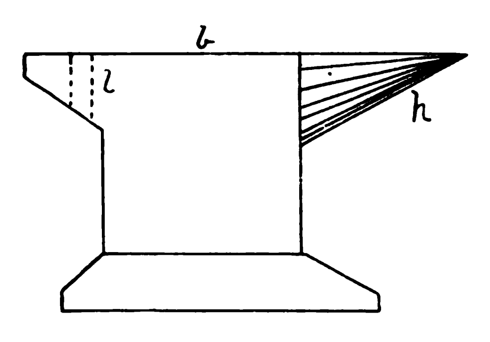




Abb. 288. Schmiedeamboß.

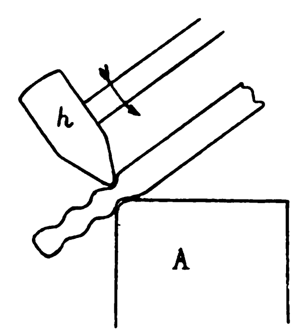


Abb. 289. Strecken.

Temperatur auf 200 bis 300°, die sogenannte **Blauhitze**, bei welcher selbst im Finstern ein Erglühen nicht wahrnehmbar ist, so befindet sich das Eisen in einem Zustande, bei welchem es Biegungen weniger verträgt, mithin brüchiger ist als im kalten Zustande. Der Schmied vermeidet daher die Blauhitze, er wirkt gestaltend nur so lange ein, als noch ein, wenn auch schwaches Glühen wahrnehmbar ist. — Die Gestalt des gewöhnlichen **Schmiedehammers** wurde bereits in Abb. 276 gegeben. Vielmal schwerer ist der „**Zuschlaghammer**", mit welchem der Zuschläger das Schmiedestück dort bearbeitet, wo der vom Meister mit dem Schmiedehammer geführte Schlag hingewiesen. Zuweilen werden Zuschlaghämmer benützt, deren Finne parallel zum Stiele liegt, diese heißen **Kreuzschlag**. Der Meister gibt den Zuschlägern den Takt an, indem er mit dem Schmiedehammer zunächst einige Schläge auf den Amboß führt, und weist im Takte mitarbeitend stets die Stelle an, wohin die schweren Schläge zu führen sind.

[1]) Vgl. die Tabelle S. 29.

Der Schmiedeamboß weist gewöhnlich die in Abb. 288 dargestellte Form auf. Die obere Fläche ist bis zum kegelförmigen Ansatze — Horn *h* — eben. In der Amboßbahn *b* befindet sich bei *l* das Amboßloch, in welches Werkzeuge (Abschrot, Untergesenke, Dorne usw.) eingesetzt werden können.

Die einfachsten Arbeiten des Schmiedes sind das Strecken, Stauchen, Absetzen, Abhauen, Aufhauen, Biegen, Lochen, Schweißen und Schmieden im Gesenk.[1])

Das Strecken ist die Verlängerung eines Stabes bei gleichzeitiger Abnahme des Querschnittes. Ist das Werkstück z. B. ein Flachstab, auf den Amboß aufgelegt und wird normal darauf mit dem Schmiedehammer geschlagen, so erfolgt sowohl eine Längen- als Breitenstreckung, weil das unter der Hammerbahn befindliche, durch den Schlag gepreßte Material nach allen Richtungen ausweicht. Die Vermehrung der Breite wird durch Drehung des Stabes um 90° und neuerlichen Schlag behoben, so daß bei fortgesetztem Schlagen und Wenden schließlich nur eine Streckung resultiert. Je schmäler die Hammer- und Amboßbahn, desto intensiver die Streckung. Arbeitet man mit der Finne des Hammers gegen das auf die Amboßkante gelegte Stück, so wird der Stab zwar wellig, wie Abb. 289 zeigt, doch lassen sich diese Wellen durch späteres Überhämmern mit breiter Hammerbahn leicht entfernen; der Stab wird auf diese Weise rasch gestreckt.

Das Stauchen ist wohl dem Strecken entgegengesetzt, doch kann man einen längeren glühenden Stab durch Schläge nie gleichmäßig verkürzen; man würde ihn knicken. Wird hingegen nur ein kurzes Stück des Stabes glühend gemacht und derselbe dann in der Längsrichtung gegen einen Eisenklotz oder gegen den Amboß gestoßen oder wird der Stab unterstützt und auf ihn in der Richtung seiner Länge geschlagen, dann staucht (verdickt) er sich an der glühenden und daher weicheren Stelle (Abb. 290).

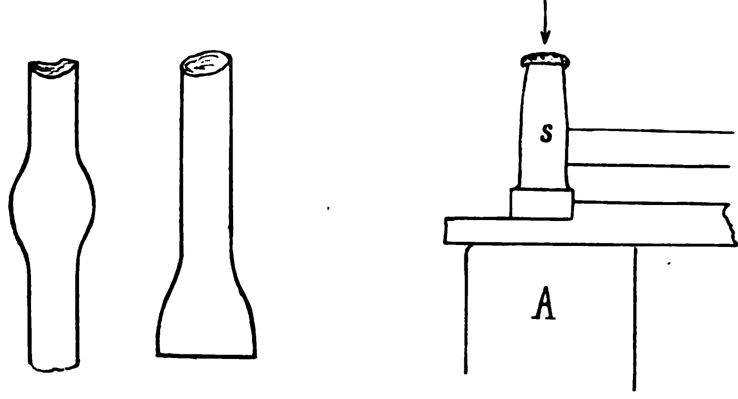


Abb. 290. Stauchen. Abb. 291. Absetzen. *s* Setzhammer, *A* Amboß.

Das Absetzen bezweckt eine örtliche Abnahme der Dicke des Stabes und bedient man sich hierzu gewöhnlich des Setzhammers, welchen der

[1]) Nach Wiebe's Maschinenkunde.

Schmied hält, während der Zuschläger denselben eintreibt (Abb. 291). Die Bahn des Setzhammers wird je nach der beabsichtigten Wirkung eine ebene oder gekrümmte sein können. In diesem Falle ist der Setzhammer das Werkzeug, der Zuschlaghammer das Triebzeug.[1])

Das Abhauen geschieht zumeist in der Weise, daß man das abzuhauende glühende Stück auf den in das Amboßloch gesteckten Abschrot (Abb. 292) legt, den Setzmeißel (Abb. 293) aufsetzt und mit dem Hammer eintreibt. Bei diesem Vorgange (s. Abb. 294) drücken sich die Schneiden beider Werkzeuge so tief in das Arbeitstück ein, daß es nahezu geteilt ist und über der Amboßkante leicht völlig gebrochen werden kann.

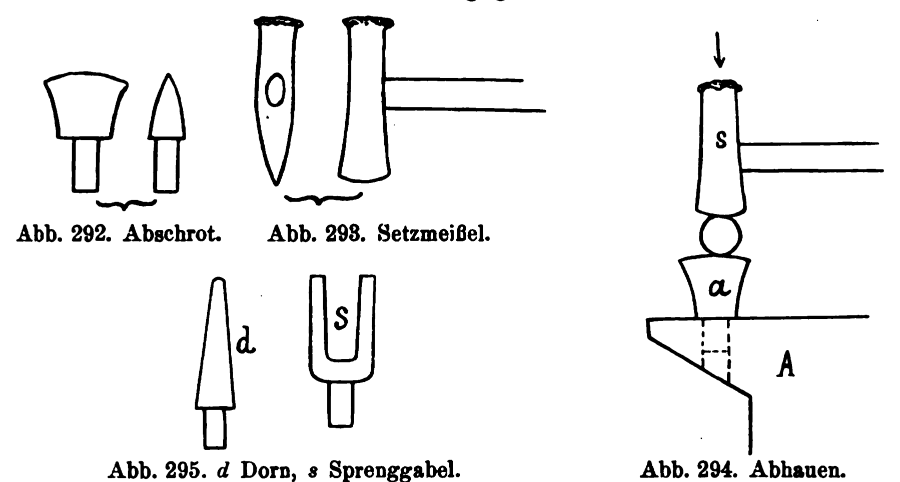


Abb. 292. Abschrot. Abb. 293. Setzmeißel.

Abb. 295. *d* Dorn, *s* Sprenggabel. Abb. 294. Abhauen.

Das Aufhauen erfolgt gewöhnlich nur mittels des Setzmeißels, indem man mit ihm einen Einschnitt (Kerbe) in das glühende Stück treibt. Arbeitet man zuerst von der einen, hierauf von der zweiten Seite, so ist es möglich, eine Spalte herzustellen, ohne die Setzmeißelschneide am Ambosse zu beschädigen. In den so hergestellten Schlitz kann ein konischer Dorn eingetrieben werden. (Vgl. die Aufhau- und Lochprobe, S. 100.)

Das Biegen kann um die Amboßkante, um das Horn des Ambosses und um Dorne erfolgen, welche mit einem viereckigen Zapfen in das Amboßloch eingesetzt werden. Sförmige Biegungen werden mit Zuhilfenahme der Sprenggabel ausgeführt (s. Abb. 295).

[1]) Professor Hartig definiert diese Begriffe wie folgt: „Werkzeug ist ein körperliches lebloses Gebilde, welches an einem andern Körper (Werkstoff, Werkstück) denselben berührend, dessen Gebrauchswert unter Umsetzung mechanischer Arbeit abändern hilft, ohne hierbei im Werkstücke selbst aufzugehen oder auf andere Art zu fortgesetzter Betätigung unfähig zu werden."

„Triebzeug ist ein lebloses körperliches Gebilde, welches von einem dasselbe berührenden überflüssig energiebegabten andern Körper mechanische Arbeit unter Ausführung solcher Bewegungen empfängt, die zur Betätigung eines Werkzeuges geeignet und bestimmt sind."

Nach diesen Begriffsbestimmungen sollten Mittel zum Messen und zum Festhalten nicht Werkzeuge, sondern etwa Hilfszeuge genannt werden.

Bei allen diesen Biegungen, welche meist durch Zuhilfenahme des Hammers erfolgen, findet an der äußeren (konvexen) Seite der Bugstelle ein Strecken, an der konkaven Seite ein Stauchen des Materials statt. Eine korrekt rechtwinkelige Biegung kann auf diesem Wege nicht erhalten werden, vielmehr wird stets die Form Abb. 296a, nicht die Form Abb. 296b oder c entstehen. Um letztere zu erlangen, ist es nötig, zunächst

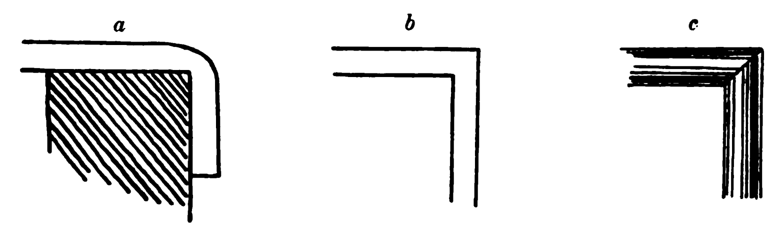


Abb. 296. Biegen im rechten Winkel.

durch Stauchen oder Absetzen an der Biegungsstelle eine größere Materialmenge zu sammeln, damit der Querschnitt an der Biegungsstelle möglichst jenem gleich wird, welchen der Stab ursprünglich besaß; sodann aber ist die exakte Form durch Schmieden im Gesenke, von welchem wir später sprechen, auszubilden.

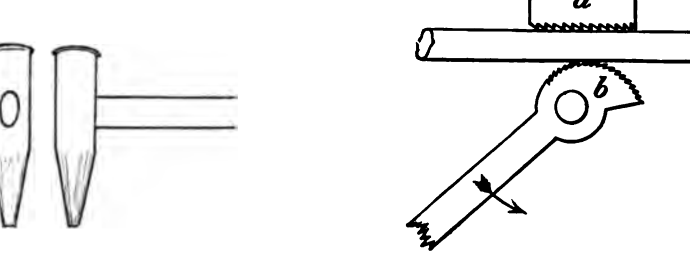


Abb. 297. Stieldurchschlag.

Abb. 298. Einspannvorrichtung bei der Schweißmaschine.

Das Lochen eines Flacheisens macht der Schmied gewöhnlich mit dem Stieldurchschlag (Abb. 297), indem er das glühende Eisen auf den Amboß so auflegt, daß die zu lochende Stelle über dem Amboßloche liegt; er setzt den Stieldurchschlag auf und der Zuschläger treibt denselben durch. Da die Endfläche, sowie der Querschnitt des Stieldurchschlages kreisrund, quadratisch, rechteckig usw. sein kann, so wird auch die Gestalt des Loches dem Durchschlage entsprechend geformt sein. Der Durchschlag treibt eine seiner Endfläche entsprechende Materialpartie aus, welche durch das Amboßloch fällt.

Das Schweißen (vgl. S. 116) erfolgt gewöhnlich durch Aufeinanderlegen der entsprechend vorgearbeiteten, im Schmiedefeuer zur Schweißhitze gebrachten Enden der zu verbindenden Stücke. Es ist hierbei stets das Zusammenwirken zweier Personen erforderlich. Der Schmied faßt das eine Stück mit der linken Hand, hält es auf den Amboß, zur gleichen Zeit wird das zweite Stück vom Hilfsarbeiter auf das erste gelegt und sofort vom

Schmiede mit dem Hammer bearbeitet, und zwar gewöhnlich anfangs mit leichten, später, unter Wenden des Stückes, mit kräftigen Schlägen. Der ganze Vorgang erfolgt sehr rasch und erfordert bedeutende Übung. Tadellose Schweißung ist jene, bei welcher die Schweißstelle die Festigkeit der umgebenden Materialteile besitzt.

Am sichersten erfolgt die Schweißung des durch Frischen oder Puddeln gewonnenen Schweißeisens; das Flußeisen schweißt schwieriger. Da es schwierig, ja oft unmöglich ist, ohne schädliche Inanspruchnahme von der Güte einer Schweißung sich zu überzeugen, so sucht man diese Verbindungsweise nach Möglichkeit zu vermeiden. So werden z. B. die Tyres oder Bandagen, das sind jene Stahlreifen, welche auf die Räder der Lokomotiven und vieler Waggons aufgezogen werden, ohne Schweißung hergestellt.

Statt der Verschweißung verjüngt zugearbeiteter oder ineinander gesteckter Stäbe wendet man bei größeren Kalibern auch stumpfe Schweißung an. Um diese zu bewirken, staucht man zunächst die Stangenenden, macht dieselben dann schweißarm und drückt sie mittels der sogenannten Schweißmaschine fest gegeneinander. Diese Maschine besteht aus zwei zangenartigen Vorrichtungen, wie Abb. 298 eine solche darstellt. Der exzentrische Backen *b* drückt das Schmiedestück gegen *a* und hält dasselbe fest. Die zweite Zange gleicher Konstruktion ist symmetrisch auf einer mittels Schraube verschiebbaren Platte montiert, welche sofort nach dem Einklemmen (von rechts) gegen die erste Zange verschoben wird. Werden die schweißheißen Stangenenden gegeneinander gedrückt, so schließen die exzentrischen Backen nur um so fester und die Schweißung erfolgt gut. Die Form der Backen *a* gestattet das Einlegen in ganz bestimmter Höhe, so daß die Achsen beider Stangen in eine Gerade fallen.

Das Schweißen von Stahl auf Stahl oder Stahl auf Eisen erfordert nach F. Reiser die größte Vorsicht. Die Temperatur, bei welcher Stahl schweißbar ist, ist eine weit niedrigere als bei Eisen — und je niedriger diese Temperatur ist, also je höher der Kohlenstoffgehalt, desto schwerer ist der Stahl schweißbar. Im allgemeinen liegt die richtige Schweißtemperatur für harten Stahl bei beginnender Gelbglut, für mittelharten und weichen Stahl bei Gelbglut bis matter Weißglut. Wenn der Stahl beim Herausnehmen aus dem Feuer Funken sprüht, so ist er verbrannt. Von allen kohlenstoffreichen Stahlgattungen ist der Gußstahl am schwersten schweißbar, da er eben in flüssigem Zustande gewesen ist, mithin jeder sehnigen Textur entbehrt. Als Mittel gegen die Oxydation wird hier mit Vorteil ein Gemenge von Borax mit Salmiak im Verhältnisse von 16 : 1 verwendet.

Wenn zwei Stahlstücke mit ihren Enden zusammenzuschweißen sind, so gibt man denselben die Form eines halben Keiles, so daß die schiefen Ebenen beider Keile beim Schweißen aufeinander, ihre geraden Flächen aber nach außen zu liegen kommen. Auch versieht man wohl die schiefen

Ebenen der Keile der Quere nach mit einer Rippe, beziehungsweise Kerbe, welche genau ineinander passen, und welche verhüten, daß die beiden Enden unter den Hammerstreichen im Momente der Schweißung in der Längsrichtung auseinandergleiten. Noch besser ist es, das eine Ende zu gabeln, das andere aber keilförmig zuzurichten, so daß die Enden ineinander gesteckt werden können.

Beim Zusammenschweißen von Schmiedeeisen und Stahl ist zu beachten, daß die Schweißtemperatur des Eisens höher gelegen ist als jene des Stahles; man legt daher den Stahl später ins Feuer als das Eisen. Man benützt wohl auch verschiedene Feuer für beide und erhitzt den Stahl in einem Holzkohlenfeuer, das Eisen in einem Koksfeuer, welch letzteres eine intensivere Hitze entwickelt als das Holzkohlenfeuer. Bei Verwendung schwefelhaltiger Steinkohlen beeinträchtigt das auf der Schweißstelle sich bildende Schwefeleisen die Schweißung.

Der Vorgang beim Schweißen von Stahl auf Eisen ist im übrigen der Hauptsache nach der gleiche wie beim Schweißen von Stahl auf Stahl. Wenn zwei dickere Enden zusammengeschweißt werden sollen, so empfiehlt sich auch hier, das Eisen gabelförmig zu schlitzen, und den keilförmig zugeschmiedeten Stahl in die Spalte zu legen. Dies ist die Methode, wie z. B. die Finne eines Hammers oder die Schneide einer Axt verstählt wird.

Bei großen Wellen aus Eisen wird nach Haswell die Schweißung gewöhnlich teilweise schon im Feuer vorgenommen. Aus dem einen Ende des zylindrischen Teiles wird mittels Schrotmeißels ein keilförmiges Stück herausgenommen, während durch Hämmern der andere Teil keilförmig zugespitzt wird, so daß beide Teile ineinander passen, in welcher Lage sie dann ins Schmiedefeuer gelegt werden. Ist die Schweißhitze erlangt, so wird durch Schläge auf das Ende eines der Wellenteile mittels schwerer Hämmer oder durch Schläge mit einem an einer Kette aufgehängten Eisenklotz, während an dem andern Ende der Welle durch Arbeiter ein großes Stück Eisen gegengedrückt wird, die teilweise Schweißung vorgenommen. Es geschieht dies beim vollen Gange des Feuers. Hierauf wird die Welle aus dem Feuer entfernt und am Ambosse fertig geschweißt. Auf diese Weise wird viel Arbeit gegenüber dem Schweißen mit schiefen Flächen erspart und ist die erlangte Schweißung auch eine bessere.

Das Schweißen mit Thermit besteht im wesentlichen darin, daß die zu vereinigenden Stücke nahe aneinander gebracht, so von einer kleinen Gußform umgeben sind, daß das flüssige Eisen, welches durch die Entzündung des Thermits — einer Mischung von Aluminiumpulver und Eisenoxyd — gebildet wird, zwischen die zu verbindenden Stücke einfließen muß und dort erstarren kann. Das Thermit wird in einem konischen, mit feuerfester basischer Masse ausgekleideten Blechgefäße — Tiegel — durch aufgestreute Zündmasse (Aluminiumpulver und Bariumsuperoxyd), welche durch ein Sturmzündhölzchen entflammt werden kann, zur Reaktion gebracht. Aus $Al_2 + Fe_2O_3$ bildet sich Al_2O_3 und Fe_2 und das mit einer Temperatur von

etwa 3000° C aus der Bodenöffnung des Tiegels fließende Eisen wird durch die Form zur Schweißstelle geleitet, bedingt dort Schweißhitze der zu vereinigenden Enden der Werkstücke, tritt in deren Zwischenraum und den Raum zwischen Form und Werkstück ein und erstarrt daselbst. Die vom Erfinder Dr. Hans Goldschmidt gegründete Thermitgesellschaft in Essen gibt durch illustrierte Gebrauchsanweisungen die erforderliche Anleitung. Durch dieses Verfahren können gebrochene Achsen, Wellen u. dgl. sicher vereinigt werden.

Das Goldschmidt'sche Schweißverfahren hat einige Ähnlichkeit mit dem sogenannten Schweißen des Gußeisens, welches darin besteht, gebrochene Gußstücke in eine Form so einzubauen, daß die Bruchenden freiliegen und man flüssiges, etwas überhitztes Gußeisen einige Zeit über die Bruchenden hinleiten kann, damit dieselben der Schmelztemperatur nahekommen. Verschließt man sodann den Ablauf und läßt erstarren, so sind die gebrochenen Stücke vereinigt. Es läßt sich das Schweißen mit Thermit, etwas abgeändert, auch zu diesem Zwecke anwenden; auch können Flußeisen- und Stahlrohre mit Thermit geschweißt werden.

Das Schweißen mit Azetylen-Sauerstoff-Flamme ist eigentlich ein Löten von Eisen mit Eisen, denn nachdem die zu verbindenden Teile durch die Stichflamme entsprechend vorgehitzt sind, schmilzt man Eisendraht so ab, daß die Tropfen an die Verbindungsstelle fallen. Zu diesem Verfahren braucht man einen Apparat, in welchem aus Kalziumkarbid und Wasser das Azetylen erzeugt wird, ferner eiserne Flaschen mit hochgespanntem Sauerstoffe und ein Lötrohr, welchem durch zwei Schläuche Azetylen und Sauerstoff in regelbarer Menge zugeführt werden. Die kurze, zumeist aus CO_2 und H bestehende Kernflamme wirkt reduzierend. Zeigen sich bei fertig gearbeiteten Pleuelstangen u. dgl. Anrisse, so ist die Anwendung dieses Löt-, beziehungsweiße Schweißverfahrens besonders empfehlenswert. Das Schweißen mit Knallgas kann in ähnlicher Weise durchgeführt werden, ist aber minder vorteilhaft, da der sich bildende Wasserdampf leicht zu Oxydation des Eisens Anlaß gibt. Das Schweißen mit Wassergas (CO und H) wird bei Herstellung von Dampfkesseln ohne Nietnaht angewendet.

Das Schmieden im Gesenke. Diese Schmiedearbeit gestattet die Herstellung exakter Formen dadurch, daß das glühende Eisen zwischen zwei vertieften Stahlstücken, dem Ober- und Untergesenke, bearbeitet wird. Das Untergesenk wird in das Amboßloch eingesetzt, auf dieses kommt das Schmiedestück und darauf wird das Obergesenk gegeben, welches mit dem Zuschlaghammer angetrieben wird.

Die nachstehenden Abb. 299 und 300 zeigen Beispiele dieser Arbeit, welche wohl keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Abb. 301 stellt eine Gesenkkluppe dar, bei welcher das Ober- und Untergesenk durch einen Federbügel verbunden ist.

Abb. 302 zeigt einen sogenannten Gesenkstock, einen massigen

Gußeisenblock, welcher an seinen Seitenflächen verschiedene als Untergesenke verwendbare Furchen aufweist, während die Durchbrechungen des Gesenkstockes bei anderer Lage desselben für Zwecke des Lochens Verwendung finden können.

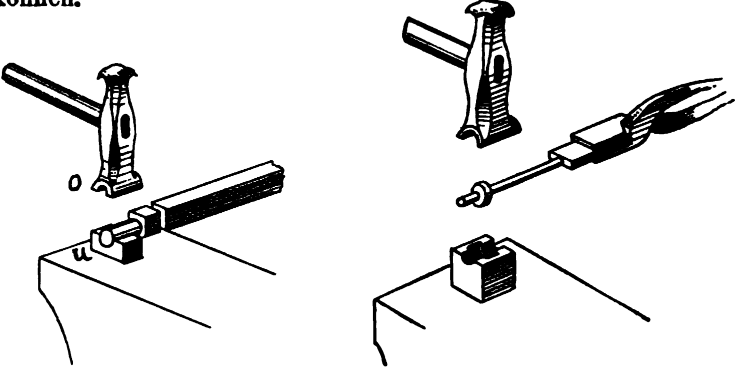


Abb. 299 und 300. Schmieden im Gesenke.

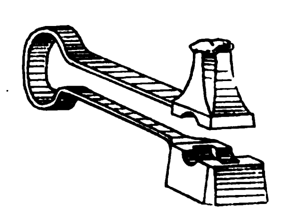




Abb. 301. Gesenkkluppe.

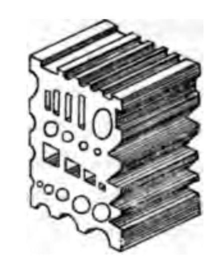


Abb. 302. Gesenkstock.

Sehr häufig werden die Gesenke zur Herstellung fassonierter Stäbchen benützt, wobei das im Gesenke auszubildende Schmiedestück durch Stauchen und Strecken beiläufig vorgearbeitet sein muß.

Die Herstellung der Gesenke erfolgt häufig dadurch, daß man sich aus Stahl auf der Drehbank oder durch Feilarbeit ein Musterstück (Modell) herstellt. Man macht nun das im Rohen vorgearbeitete Unter- und Obergesenk hellrot glühend, setzt ersteres in das Amboßloch, darauf das Modell, auf dieses das glühende Obergesenk und schlägt mit dem Zuschlaghammer auf, wodurch sich das Modell in beide Gesenke eindrückt.

Dieses Eindrücken soll bei Rotationsformen nicht bis zum Mittelschnitte erfolgen. Die Vertiefungen in beiden Gesenken sollen nur je ein Segment des Modelles umfassen, weil bei der späteren Verwendung der Gesenke das Schmiedestück im Gesenke während der Bearbeitung gedreht werden muß, was der sonst entstehende Bart (Naht) hindern würde.

Kombinierte Schmiedearbeiten.

Die vorbenannten einfachen Operationen lassen sich in der mannigfachsten Weise dem speziellen Zwecke entsprechend anwenden. Soll z. B. aus einem Quadratstabe ein Verschlußhaken mit Anschlagschiene gebildet

werden, so wird zunächst das Quadrateisen nach dem Verfahren des Absetzens in die Form I (Abb. 303) gebracht. Der so gebildete Ansatz wird nach *ii* mittels des Setzmeißels auf etwa $^3/_5$ der Höhe eingehauen und hierauf der Ansatz nach II zu einem Haken umgebogen; dieser Haken wird nach neuerlichem Glühendmachen in die Form III gebracht und schließlich die Schiene abgebogen. In dieser Weise wird sich die Arbeit nur bei sehr weichem Martinflußeisen durchführen lassen, bei gewöhnlichem Schweißeisen wird sich der Haken in der angegebenen Weise ohne Gefahr für das Einreißen nicht herstellen lassen; bei diesem Materiale würde man den Haken anschweißen, was eine minder verläßliche Verbindung liefert.

Zur Herstellung eines Nagels verwendet man das sehr zähe Knopperneisen, welches in Gestalt ziemlich dünner, im Querschnitte quadratischer knopperiger (welliger) Stäbe im Handel vorkommt. Das Stabende wird glühend gemacht und unter Wenden um 90° (nach jedem Schlage) zu einer Spitze ausgetrieben. Hierauf am Abschrot eingehauen, abgebrochen, in das mit entsprechendem Loche versehene Nageleisen gesteckt, und der Kopf angestaucht. All dies hat in einer Hitze, mithin ohne neuerliches Anwärmen zu erfolgen.

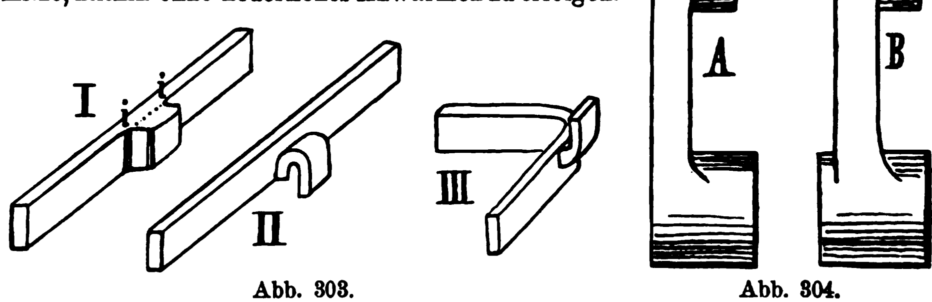


Abb. 303. Abb. 304.

Der Schmiedebeispiele ließen sich zahllose geben; die Beobachtung des Arbeitsvorganges in Schmieden ist diesbezüglich lehrreicher und wird jeden Beobachter zur Wertschätzung dieses schönen Handwerkes führen, bei welchem wohlangebrachte Kraft, rasche Auffassung und schnelles Handeln Bedingungen für das Gelingen der Arbeit sind.

Der Konstrukteur soll auch hier, wie in der Gießerei, die Formgebung im Einvernehmen mit der Werkstätte durchführen, denn oft kann eine geringfügige Änderung der Form den Arbeitsvorgang wesentlich beeinflussen, erleichtern oder erschweren.

Die beiden in Abb. 304 skizzierten Kurbeln sind scheinbar wenig verschieden, beide zwecklich gleich entsprechend. Die Form *A* ist aber nicht nur für den Schmied wesentlich leichter herstellbar, sondern auch später, bei der weiteren Ausarbeitung in der Dreherei, ist die Form *A* nicht nur leichter aufspannbar, sondern auch in weniger Operationen fertiggestellt als die Form *B*. Der Konstrukteur, welcher den beratenden Verkehr mit der Werkstätte meidet, ist dem eingebildeten Theoretiker vergleichbar, welchem das Verständnis für die Forderungen des Lebens fehlt.

Schmiedeherde, Glüh- und Schweißöfen.

Der einfache Schmiedeherd, wie ein solcher in Abb. 305 dargestellt ist, dient vorwaltend in den Schmieden zur Erhitzung des Eisens, obwohl derselbe keine gute Ausnützung des Brennmaterials zuläßt. Die Ursache liegt in der Billigkeit dieses Ofens, in dem kleinen Raume, welchen derselbe einnimmt, in der leichten Regulierbarkeit des Hitzegrades und insbesondere in der Möglichkeit, den Herd in der geringsten Entfernung von der Arbeitsstelle (dem Amboß) anzubringen.

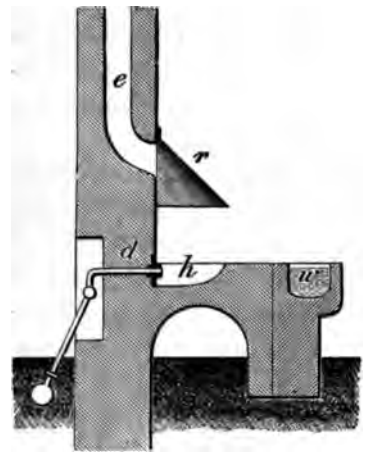


Abb. 305. Schmiedeherd.
e Esse, *r* Rauchmantel.

Als Brennmaterial werden meist Steinkohlen, seltener Koks oder Holzkohlen verwendet. Der Wind, welcher durch die Düse *d* in den Herd *h* getrieben wird, kommt entweder von Blasebälgen, welche in unmittelbarer Nähe aufgestellt und von dem Feuerburschen getreten werden, oder von Ventilatoren, deren einer für eine Reihe von Schmiedeherden ausreicht. Vom Hauptwindrohr gelangt der Wind bei offenem Luftschieber in die Düse; durch den Schieber kann der Wind reguliert oder abgestellt werden. Die lebhafteste Verbrennung und daher auch die höchste Temperatur findet sich in der Nähe der Düse und die zu erhitzenden Eisenstäbe werden so in die Kohlen geschoben, daß sie in diesem Raume zur beabsichtigten Glühhitze gelangen. Die Verbrennung der vom Eisen weiter abseits liegenden Kohlen hat für den beabsichtigten Erfolg keinen Wert und muß aus Ersparungsrücksichten möglichst hintangehalten werden. Deshalb werden die Kohlen mit Kohlenklein (Lösche) bedeckt und mittels des sogenannten Löschwedels, eines an einem Stabe befestigten Stroh- oder Hadernbündels, der in Wasser (*w* Abb. 305) getaucht wird, bespritzt.

Mittels eines spitzen Eisens, des Löschspießes, durchsticht man an jenen Stellen die Kohlenlösche, welche den Verbrennungsgasen den Abzug gewähren sollen und ist so in der Lage das Feuer zusammenzuhalten, beziehungsweise so zu führen, daß die beabsichtigte Erhitzung des Eisens richtig und ohne unnötigen Kohlenverbrauch vor sich geht. Richtige Führung des Feuers ist von großer Wichtigkeit, sowohl bezüglich des Brennmaterialverbrauches als des Bedarfes an Eisen. Abbrand, d. i. Verlust durch Glühspanbildung, ist unvermeidlich, doch soll derselbe nach Möglichkeit eingeschränkt werden. In dieser Richtung ist die Gewandtheit des Schmiedes, in einer Hitze die Formänderung möglichst weit zu bringen und die richtige Führung des Feuers von Ausschlag.

Der in Abb. 305 skizzierte Herd ist der gewöhnlich gebrauchte; nicht selten, namentlich für das Verschweißen sternförmiger Stücke (Nabe und

Speichen eines Rades u. dgl.), bedient man sich solcher Herde, deren Hohlraum eine kugelsegmentförmige Form ◡ aufweist, mit zentrischer Windzufuhr von unten, sogenannter Rundfeuer.[1])

Wird mit Zuhilfenahme maschineller Vorrichtungen in kurzer Zeit eine größere Menge glühenden Eisens aufgearbeitet, wie dies z. B. bei der Massenfabrikation von Nieten, Schraubenbolzen u. dgl. der Fall ist, dann reichen die Schmiedeherde nicht aus und verwendet man mit außerordentlichem Vorteile Glühöfen,[2]) welche meist kleine Flammöfen sind, bei welchen die Eisenstäbe gewöhnlich durch Löcher der Seitenwand in den ebenen Herd geschoben werden. Als Brennmaterial werden stets Steinkohlen verwendet, es gilt dies auch von den sogenannten Schweißöfen, welche für die Erhitzung großer Schmiedestücke zur Schweißhitze Verwendung finden müssen, weil die Herde hierzu nicht ausreichen und auch minder ökonomisch sind. Die Schmiedeherde würden durch Glüh- und Schweißöfen weit mehr verdrängt werden, wenn der Schmied das Feuer nicht unmittelbar bei seiner Arbeitstelle haben müßte, denn nur so vermag er die Formgebung kleiner Stücke während der richtigen Glühhitze durchzuführen.

Betriebsdaten.

Auf ein Schmiedefeuer mittlerer Größe kann für mittelfeine Schmiedearbeit eine jährliche Erzeugungsmenge von 250 *q* (Meterzentner) Schmiedeware gerechnet werden; die Kosten stellen sich für Brennmaterial und Lohn auf etwa 20 *K* pro 1 *q* (1 Mark bei 1·2 Kronen).

Die Herstellungskosten eines Feuers und der zugehörigen Werkzeuge betragen bei 1200 *K*, — 6 große, 25 mittlere und 15 kleine Schmiedefeuer können den Wind von einem Ventilator mit 1 *m* Durchmesser erhalten, welcher zum Antriebe 8 Pferdekräfte braucht.

Der Dampfverbrauch bei Dampfhämmern ist hoch, er beträgt z. B. für 1 Dampfhammer von 8 *q* Bärgewicht, 2 Hämmer von 4 *q* und 2 Hämmer von 2 *q* zusammen so viel als ein Dampfkessel für eine 20pferdige Dampfmaschine Dampf liefert.

Dampfhämmer, Vertikalhämmer, Schmiedemaschinen.

Für Schmiedestücke über 50 *mm* Durchmesser reicht die menschliche Kraft nicht mehr zu rascher Formänderung hin und muß man sich maschineller Vorrichtungen bedienen, unter welchen die Dampfhämmer die erste Stelle einnehmen. Sie haben die in früheren Zeiten in Eisenwerken üblichen

---

[1]) Siehe Heusingers Eisenbahntechnik. Leipzig, W. Engelmann 1875, Bd. 4, S. 197. Die gewöhnlichen Herde, sowie die Rundfeuer sind unter einem Rauchmantel angebracht, durch welchen die Verbrennungsgase in den Schornstein gelangen.

In neuerer Zeit zieht man die Gase durch ein Saugrohr ab; ein Ventilator treibt dieselben zu einer Esse und hierdurch ist die Aufstellung der Herde nicht mehr an die Wand der Schmiede gebunden, sondern völlig frei. Ventilator und Rohrleitung liegt unter dem Boden der Schmiede.

[2]) Heusinger, Bd. 4, S. 199, 201.

Hebelhämmer fast ganz verdrängt, so daß es hier genügt, diese der Industriegeschichte angehörigen Hämmer nur mit einigen Worten zu berühren.

Die Hebelhämmer wurden in Schwanz-, Aufwerf- und Stirnhämmer unterschieden.

Für rasche Schläge, minutlich 150 bis 400, wurden die Schwanzhämmer benützt, für 80 bis 150 Schläge die Aufwerfhämmer, für langsame, wuchtige Schläge, 60 bis 100, die Stirnhämmer. Der Angriffspunkt der Kraft war bei ersteren an das Schwanzende des Stieles (Helmes) gelegt, beim Aufwerfhammer zwischen Drehpunkt und Hammer, bei den Stirnhämmern an die Stirnseite des Hammers und mögen die nachstehenden Skizzen (Abb. 306) dies andeuten. Zur Beschleunigung der Umkehr der Bewegung (Hub in Fall) wurde beim Schwanzhammer der Prellklotz *p* oder eine Feder, Reitel *r* (Abb. 306 III), benützt.

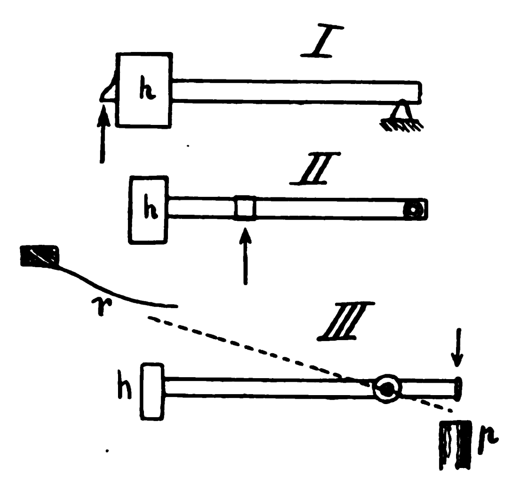


Abb. 306. I Stirnhammer, II Aufwerfhammer, III Schwanzhammer.

Gegenwärtig werden Hebelhämmer in Schmieden nur ausnahmsweise noch angetroffen, hingegen stehen sie in abgeänderter Form für größere Treibarbeiten[1]) und für Goldschlägerei[2]) in Verwendung.

Die Dampfhämmer besitzen fast durchweg einen vertikal geführten Gußeisenklotz, Bär, welcher an einer Stange hängt, die in den Kolben einer vertikalen Dampfmaschine übergeht. Tritt der Dampf nur unterhalb des Kolbens in den Zylinder, ist die Dampfmaschine daher eine einfach wirkende, so besorgt der Dampf lediglich den Hub der schweren Masse, des Hammers; läßt man den Dampf sodann auspuffen, so fällt der Hammer durch die Wirkung der Schwere. Sein Arbeitsvermögen ist Gewicht mal Hubhöhe, G · H.[3])

Bewirkt der Dampf nicht nur den Hub des Hammers, sondern tritt er während des Falles auch über den Kolben, so arbeitet die Dampfmaschine als doppelt wirkende und das Arbeitsvermögen ist gleich G · H mehr der Dampfarbeit beim Fall.

Die Hämmer der ersten Art arbeiten nur mit Unterdampf, die Hämmer der zweiten mit Unter- und Oberdampf. Der Oberdampf beschleunigt den Fall; schnellgehende Dampfhämmer arbeiten immer

[1]) Wenzelides, Bericht über die Ausstellung in Philadelphia 1876, Wien 1877, S. 78.

[2]) Über Goldschlägerei siehe Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, Bd. 4, S. 142.

[3]) Es ist nicht das volle Gewicht, sondern das aktive Gewicht, d. i. Gewicht weniger Reibung in Rechnung zu stellen. Die Reibung von Bär, Kolben und Kolbenstange beträgt etwa 6% des Bärgewichtes, sie ist selbst bei demselben Hammer veränderlich wegen der veränderlichen Reibung insbesondere in der Stopfbüchse. Von den physikalischen Krafteinheiten darf abgesehen werden.

mit Oberdampf. Man könnte den Dampfdruck[1]) auf die gesamte untere, sowie auf die obere, um den Kolbenstangenquerschnitt größere Kolbenfläche als Vielfaches des Bärgewichtes ausdrücken, wenn der Dampfdruck konstant wäre; da dies jedoch in der Regel nicht der Fall ist, so kann dieser Vorgang nur dann beobachtet und zu Näherungsrechnungen betreffs der Hub- und Fallzeit angewendet werden, wenn man die mittleren Dampfspannungen in Rechnung stellt.

Wäre der Druck[1]) des Unterdampfes im Mittel durch $D_u = n_1 G$ gegeben, so ist näherungsweise die Hubkraft $(n_1 - 1) G$ und die Hubbeschleunigung $(n_1 - 1) g = g_1$.

Ist der mittlere Druck des Oberdampfes $D_o = n_2 G$, so ist die Kraft, mit welcher der Hammer fällt, durch $(n_2 + 1) G$ und die Beschleunigung beim Fall durch $(n_2 + 1) g = g_2$ ausgedrückt.

Mit diesen Beschleunigungen g_1 und g_2 darf ohneweiters die Zeit für den Hub und Fall nach der Formel

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

bestimmt werden, es wird die Zeit t_1 für den Hub von der Höhe s Meter sich ausdrücken durch

$$t_1 = \sqrt{\frac{2s}{(n_1 - 1) g}} \text{ und die Fallzeit } t_2 = \sqrt{\frac{2s}{(n_1 + 1) g}}.$$

Man nimmt für Schnellhämmer

bei $G \leqq 150\,kg$ und 300 bis 400 Schlägen pro Minute $D_u = 5$ bis $6\,G$
„ $G \leqq 500\,kg$ „ 150 „ 300 „ „ „ $D_u = 4$ „ $5\,G$

Für Dampfhämmer von

$G = 500$ bis $1.250\,kg$	$D_u = 2\cdot5$ bis $3\ G$
$G = 1.250$ „ $2.500\,kg$	$D_u = 2$ „ $2\cdot5\ G$
$G = 2.500$ „ $5.000\,kg$	$D_u = 1\cdot75$ „ $2\ G$
$G = 5.000$ „ $10.000\,kg$	$D_u = 1\cdot5$ „ $1\cdot75\,G$.

Die Konstruktion der Dampfhämmer und insbesondere ihre Steuerung ist einfach zu halten, einerseits der den Mechanismus gefährdenden Erschütterungen wegen, anderseits aber auch deshalb, weil diese Dampfmaschine (der Dampfhammer) schon wegen des unvermeidlichen, großen schädlichen Raumes nie ökonomisch arbeiten kann. Der schädliche Raum, d. h. jener Raum, welcher bei der Endlage des Kolbens mit Dampf ausgefüllt werden muß, bis derselbe zu wirken beginnt, hängt beim Dampfhammer von der wechselnden Höhe des Schmiedestückes ab, denn der Kolben muß von dem unteren Zylinderdeckel um etwas mehr abstehen als diese Höhe beträgt, weil bei völliger Berührung von Bär und Amboß der Kolben noch immer ein weniges vom Zylinderdeckel abstehen muß.

---

[1]) Es ist hier selbstverständlich der Überdruck gemeint, d. i. die Differenz zwischen dem aus der Spannung sich ergebenden Drucke und dem Gegendrucke.

Der Dampfverbrauch beim Hube ist aber im Vergleiche zur geleisteten Hubarbeit um so größer, je bedeutender die Höhe des Schmiedestückes ist.

Da es sich beim Schmieden und daher auch bei der Dampfhammerarbeit um möglichste Ausnützung der Zeit einer Hitze handelt, so kann auch nicht mit bedeutender Expansion gearbeitet werden, der Füllungsgrad ist stets ein großer und Kondensation völlig ausgeschlossen.

Im folgenden seien die Dampfhämmer eingeteilt in:

1. Hämmer, nur mit Unterdampf arbeitend;
2. Hämmer, deren Unterdampf als expandierender Oberdampf arbeitet;
3. Hämmer mit frischem Oberdampf und
   a) konstant wirkendem Unterdampf,
   b) periodisch wirkendem Unterdampf.

1. Hämmer, nur mit Unterdampf arbeitend.

Hierher gehören die Hämmer von Nasmyth, Condié und Morrison.

Die Abb. 307 bis 309 beziehen sich auf den Nasmythhammer, welcher als erster Dampfhammer geschichtliches Interesse erweckt, derzeit jedoch kaum mehr gebaut wird.

In Abb. 307 ist ein schematischer Schnitt durch Dampfzylinder und Schieberkasten gegeben; *a* ist das Dampfzuleitungsrohr, *b* deutet den Einströmungskanal an, welcher jedoch bei der gezeichneten Schieberstellung den Dampf aus dem Raume unter dem Kolben, wo er früher hebend gewirkt hat, durch die Muschel des Schiebers *d* zum Auspuffrohre *c* gelangen läßt, so daß die gezeichnete Stellung dem Falle des Hammers entspricht. Bei dem ersten Nasmythhammer wurde der Schieber nach auf- oder abwärts nur von Hand aus durch Schieberstange und Handhebel bewegt, bei der skizzierten Konstruktion tritt eine Selbststeuerung hinzu, deren Wirkung im folgenden besprochen wird.

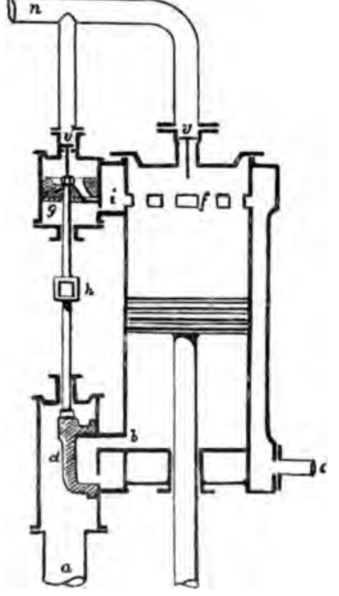
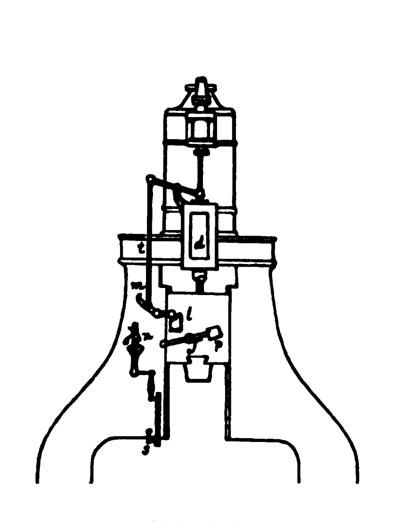


Abb. 307. Vertikalschnitt durch Dampfzylinder und Schieberkasten.

Ist der Schieber nach abwärts gedrückt, so strömt Dampf aus dem Schieberkasten unter den Kolben, hebt denselben und mittels der Kolbenstange den Bär. Während des Kolbenhubes strömt die Luft durch die oben im Zylinder vorhandenen Öffnungen *f* zum Auspuff. Hat der Kolben die Lochreihe *f* überschritten, so findet Kompression der Luft statt, welche nach Verstellung des Schiebers in die skizzierte Lage als elastisches Kissen wirkend den Fallbeginn beschleunigt. Diese Beschleunigung kann noch dadurch befördert werden, daß die obere Kolbenfläche das Ventil *v* aufstößt und Dampf aus dem Rohre *n* einläßt.

Für die **Selbststeuerung** ist an dem Hammerklotze der Wuchthebel p (Abb. 308) und die Knagge l angebracht. Ersterer ist ein Hebel, dessen Drehpunkt links vom Schwerpunkte desselben liegt. Stößt der Hammer beim Falle gegen das Schmiedestück, so dreht sich der Wuchthebel in der Uhrzeigerrichtung infolge der größeren lebendigen Kraft des rechts vom Drehpunkte liegenden Armes, und das am leichteren Hebelarme angebrachte Röllchen schlägt gegen eine vertikale Schiene s, welche durch zwei Arme gehalten wird. Durch das Zurückstoßen der Schiene s werden diese Arme gedreht und der obere Doppelarm löst einen Sperrkegel n aus,



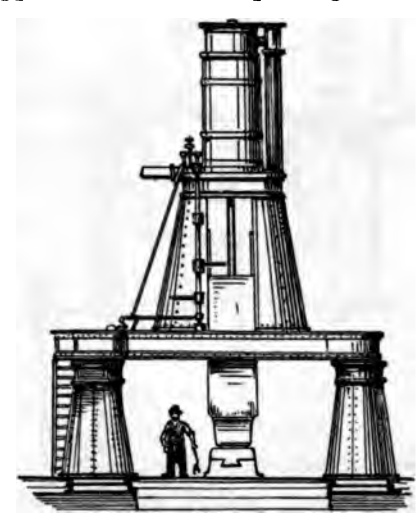


Abb. 308. Nasmythhammer. Abb. 309.

welcher bisher den Hebel m und die Zugstange t gehalten hatte. So lange dies der Fall war, stand der Dampfschieber d (Abb. 307) hoch; denn die Schieberstange war durch einen mit t verbundenen Hebel in ihrer höchsten Lage gehalten, der kleine Steuerkolben g (Abb. 307) hatte das Ventil v' gehoben und Dampf drückte auf den Steuerkolben. Durch das Freiwerden von t gelangt der Dampf zur Wirkung, Steuerkolben g sinkt, dadurch auch der Schieber, es tritt nun Dampf unter den Hauptkolben, **der Hammer steigt**. Der Schlag des Hammers bewirkte, wie wir sahen, die Umsteuerung und hierdurch die Einleitung des Hubes.

Indem der Kolben und der Bär steigen, gelangt die Knagge l bei erreichtem vollen Hube zur Wirkung, m wird gedreht, t niedergezogen, bis m von der Sperrklinke n gefangen wird (Abb. 308). Durch die Abwärtsbewegung von t hebt sich der Schieber und gelangt in die in Abb. 307 gezeichnete Lage, **der Hammer fällt**.

Die von Nasmyth angewendete Selbststeuerung war das Vorbild für ähnliche Mechanismen, welche dieselbe Aufgabe meist einfacher lösen.

Abb. 309 stellt einen Nasmythhammer größter Ausführung vor. Die Ständer dieses Hammers sind aus genieteten Blechen, desgleichen der Quer-

träger, die Steuerung ist eine solche, wie wir sie beim Hammer Abb. 310 und 311 wieder finden.

Der Condiéhammer ist die kinematische Umkehrung des Nasmythhammers; die hohle Kolbenstange ist das festgestellte Glied, der Dampfzylinder, zugleich Bär, ist das bewegliche.

Durch diese Anordnung reduziert sich die Bauhöhe des Hammers, um etwa drei Viertel jener Höhe, welche der Bär sonst einnimmt, was ein wesentlicher Vorteil ist. Als Nachteil hingegen ist der Umstand zu betrachten, daß

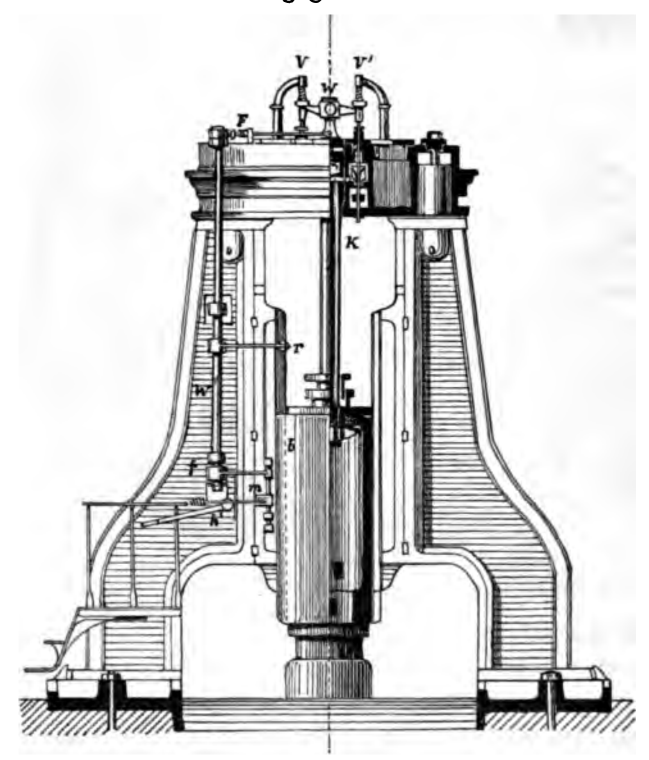


Abb. 310. Condiéhammer mit Haswell's Ventilsteuerung.

die Stopfbüchse schwieriger dicht zu halten ist. Abb. 310 zeigt den Condiéhammer mit der Haswell'schen Ventilsteuerung. An der oben auf dem Hammergestelle gelagerten Steuerwelle *W* sitzt ein dreiarmiger Hebel, dessen linker Arm das Einströmungsventil, der rechte das Ausströmungsventil betätigt, während der dritte durch Zugstange und Hebel mit der Vertikalwelle *W'* verbunden ist. Die kräftige Feder *F* wirkt beständig in dem Sinne des Offenhaltens des Einströmventils. Die Achse des Hebels *h'* führt durch den Ständer zu einem Hebel und einer Zugstange, welche den Dampfeinlaßschieber betätigt. Ist dieser geöffnet, so tritt der Dampf durch das offene Einströmventil in die hohle Kolbenstange *K* und von dieser oberhalb des Kolbens in den Zylinder; der Hammer steigt. An dem Hammer oder Dampfzylinder ist außen eine Schiene *b* angebracht, welche bei erfolgtem

Hube gegen die Rolle *r* stößt, diese zwingt, nach vorne auszuweichen und hierdurch die vertikale Welle *W'* dreht, welche schließlich auf die Steuerwelle *W* einwirkt, das Einströmungsventil schließt und das Ausströmungsventil öffnet. Diese Verdrehung der Wellen *W'* und *W* wird durch das Einschnappen einer von der Feder *F* betätigten Klinke *m* fixiert; der Hammer fällt. Durch einen Handhebel kann die Klinke *m* nach erfolgtem Schlage ausgelöst werden, wodurch die Feder *F* die Steuerwelle *W* wieder so drehen kann, daß das Einströmungsventil geöffnet wird. (Das diesbezügliche Detail ist in Karmarsch-Heeren's Technischem Wörterbuche, Bd. 2, S. 518, dargestellt.) Die Selbststeuerung ist hier nur für den Fall des Hammers, während der Hub von Seite des Arbeiters eingeleitet wird.

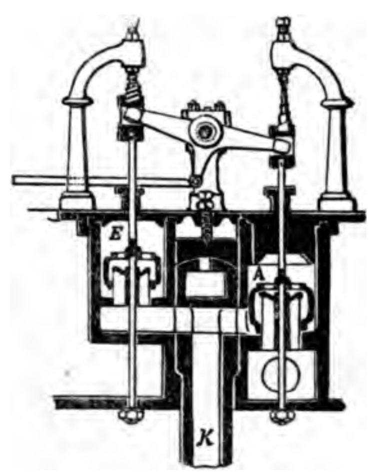


Abb. 311. *E* Einström-, *A* Ausströmventil.

Da der Bär in seinen Führungen etwas Spiel haben muß, so muß auch die Kolbenstange etwas nachgeben können, was dadurch erreicht ist, daß das obere Ende der Kolbenstange mit Kugelsegmentflächen in der Fassung sitzt, der zylindrische Teil der Stange aber etwas Spiel im Ständeroberteil besitzt (vgl. Abb. 311).

Der Morrisonhammer ist durch Abb. 312 gekennzeichnet. Die dicke Kolbenstange ist unter und über dem Kolben so lang ausgebildet, daß sie in den Stopfbüchsen am unteren und oberen Zylinderdeckel Führung besitzt. Gegen Verdrehung ist der Hammer dadurch gesichert, daß an dem oberen Teile der Kolbenstange eine Abflachung angearbeitet ist, wodurch der Stangenquerschnitt kein voller Kreis ist. Der Hammer bedarf keiner weiteren Führung, wodurch der Arbeitsraum sehr frei gehalten sein kann. Diesem Vorteile steht der Umstand nachteilig gegenüber, daß die obere Stopfbüchse wegen der Abflachung der Kolbenstange schwerer dicht zu halten ist. Durch das Rohr *E* gelangt der frische Dampf in den Kasten *V* des Einströmventiles, welches durch den Handhebel *H* geöffnet werden kann. *V* steht mit dem Schieberkasten *S* in Verbindung, dessen entlasteter Schieber vom Handhebel *H'* bewegt wird. Das Auspuffrohr kommuniziert bei *K* mit dem oberen Teile des Zylinders. Überschreitet der Kolben die Öffnung *K*, so pufft der Dampf aus dem Raume unter dem Kolben aus, während die Luft in dem Raume über dem Kolben komprimiert wird, als Bremse und elastisches Kissen wirkend. In gleicher Weise wirkt auch beim Condiéhammer die Luft im unteren Zylinderteile, wenn der Zylinder so hoch gestiegen ist, daß seine Löcher durch den Kolben gedeckt werden.

2. Hämmer, deren Unterdampf als expandierender Oberdampf arbeitet.

Daelen (sprich Dahlen) war der erste, welcher das Arbeitsvermögen des Unterdampfes dadurch noch weiter nutzbar machte, daß er nach erfolgtem Hube den Unterdampf aus dem Raume unter dem Kolben in den Raum über dem Kolben treten ließ. Der über den Kolben tretende Dampf wirkt dort auf eine größere Kolbenfläche, weil unterhalb des Kolbens die

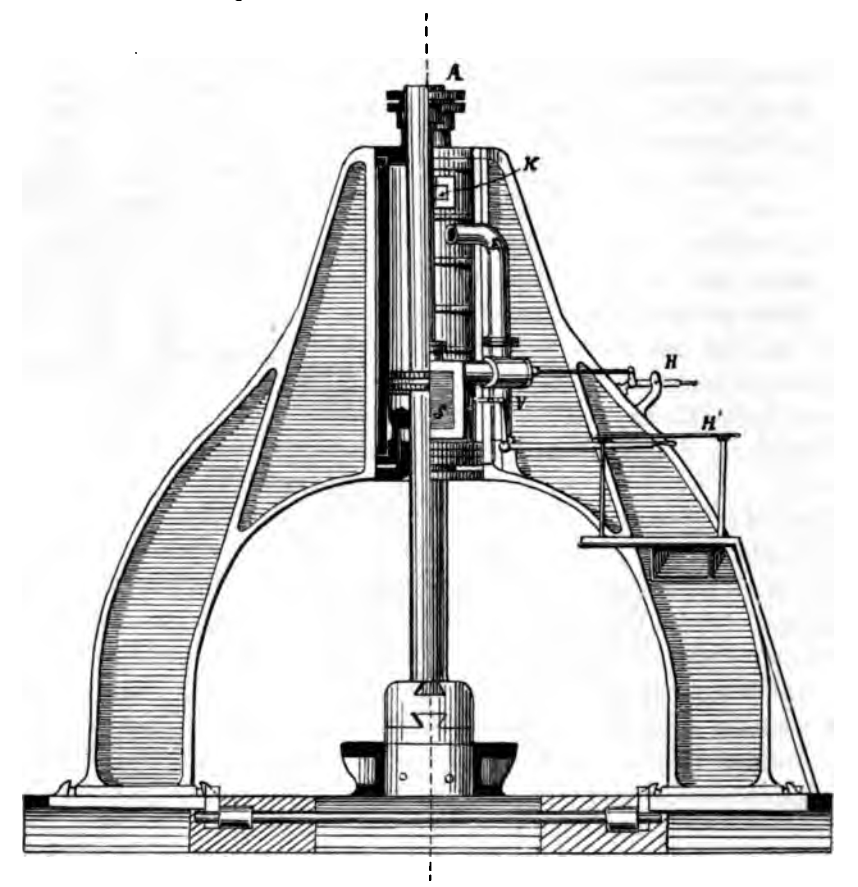


Abb. 312. Morrisonhammer.

sehr dicke Kolbenstange dem Dampfe nur gestattet, auf die ringförmige Fläche zu wirken. Ist D der Kolbendurchmesser, d der Kolbenstangendurchmesser, so ist die obere Kolbenfläche $\frac{\pi D^2}{4}$ und die untere $\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$. Expandiert nun der Dampf von unten nach oben und ist σ seine variable Spannung, so wirkt der Dampf mit dem variablen Drucke $\sigma \frac{\pi}{4} d^2$ beschleunigend auf den Fall des Hammers. Sei σ_1 die Admissionsspannung und nimmt man volle Füllung an, sei ferner die Spannung bei erfolgtem Schlage σ_2,

so sinkt das variable σ beim Schlage von σ_1 auf σ_2, h sei die größte Hubhöhe, x der momentane Weg beim Fall, so ist das Arbeitsdifferentiale der Dampfarbeit für die Beschleunigung des Falles $dA = \sigma \frac{\pi d^2}{4} dx$ und das variable σ ist nach dem Mariotteschen Gesetze

$$\sigma = \sigma_1 \frac{(D^2-d^2)\, h}{D^2 h-d^2\,(h-x)},$$

somit die geleistete, den Fall beschleunigende Dampfarbeit ausgedrückt durch

$$A = \sigma_1 \frac{\pi d^2}{4} \int_0^h \frac{(D^2-d^2)\, h}{D^2\, h-d^2\,(h-x)} \delta x.$$

Die Steuerung des Daelenhammers muß demnach so eingerichtet sein, daß beim Falle des Hammers der Unterdampf über den Kolben tritt, mithin der Raum unter dem Kolben mit dem Raume über demselben verbunden wird; beim Hube hingegen muß der Raum über dem Kolben mit dem Auspuff, der Raum unter dem Kolben mit dem Dampfrohre verbunden sein. Zu diesem Zwecke wird der Wilson'sche Hahn als Steuerungsorgan verwendet, welcher im Schnitt in Abb. 313 dargestellt ist.

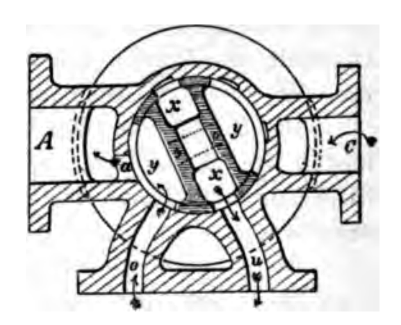


Abb. 313. Wilson'scher Hahn.

Bei C tritt der Admissionsdampf zu und gelangt durch einen Kanal unter den Hahnsitz und weiter durch eine zentrische Öffnung in das Innere xx des Hahnes. Bei der gezeichneten Stellung tritt der Dampf in den Kanal u, welcher in den unteren Zylinderraum führt. Aus dem oberen Teile des Zylinders tritt gleichzeitig der gebrauchte Dampf durch den Kanal o, nach y, a und endlich in den Auspuff A. Dreht man den Hahn um etwa 45 bis 60° entgegen der Uhrzeigerrichtung, so wird der Kanal a geschlossen, u steht nun mit o in Verbindung und der Unterdampf expandiert im Raume über dem Kolben. Daelen's Hammer bedarf infolge der sehr dicken Kolbenstange keines besonderen Hammerklotzes, denn die Kolbenstange ist gleichzeitig Bär; hierdurch wird die Bauhöhe des Hammers vermindert, was größere Stabilität zur Folge hat. Die weite Stopfbüchse ist hingegen als Nachteil aufzufassen, da sie schwerer dicht zu halten ist.

Auf derselben Idee der Expansion des Unterdampfes beruht auch der Hammer von Reinecker in Chemnitz, bei welchem zwei Dampfzylinder verschiedenen Durchmessers übereinander gesetzt sind. Der Admissionsdampf tritt unter den Kolben des kleinen Zylinders und bewirkt den Hub; hierauf expandiert dieser Dampf (Unterdampf) in den großen Zylinder über dessen Kolben und beschleunigt den Fall.

Die große Bauhöhe dieses Hammers beeinträchtigt die Stabilität, während die Ausnützung des Dampfes eine gute ist.

3. Hämmer mit frischem Oberdampf.

Die Mehrzahl der hierher gehörigen Hämmer sind kleine schnellgehende Dampfhämmer, doch sind auch größere Hämmer in Verwendung, welche mit frischem Oberdampf arbeiten und sich sehr gut bewährt haben. Diese Hämmer zerfallen in zwei Gruppen, solche mit konstant und solche mit periodisch wirkendem Unterdampfe.

Zur ersten Gruppe gehören die Hämmer von Türk und von Farcot, zur zweiten Gruppe die Hämmer von Ringhoffer, Naylor, Sellers, Brinkmann u. a.

Bei den Hämmern von Türk und Farcot hat der Dampf ununterbrochen unter dem Kolben Zutritt. Bei dem Türkhammer wird der Überdruck auf die obere Kolbenfläche dadurch erzielt, daß der Dampf auf der Oberseite des Kolbens auf die volle Kolbenfläche, von unten jedoch, wegen der sehr dicken Kolbenstange, nur auf die Ringfläche einwirkt.

Der Unterdampf wird beim Falle des Hammers wieder in den Schieberkasten zurückgedrückt, nur der Oberdampf pufft beim Hube aus. Die Steuerung hat daher nur den oberen Kanal abwechselnd zu öffnen und zu schließen.

Bei den Farcothämmern wird der für den Schlag erforderliche Überdruck von oben hauptsächlich durch die Spannungsdifferenz hervorgebracht, welche zwischen Ober- und Unterdampf herrscht, da die Kolbenstange gewöhnlich nicht sehr dick ist.

Der Unterdampf hat hier immer eine erheblich geringere Spannung als der Oberdampf. Die Ständer sind hohl und dienen als Reservoirs für den Unterdampf und sind deshalb gut verschalt; sie sind in steter Verbindung mit dem Raume unter dem Kolben. Durch eine Art Reduktionsventil wird die Spannung des Unterdampfes nahezu konstant erhalten. Die Steuerung hat wie bei dem Türkhammer nur die Aufgabe, den Raum über dem Kolben abwechselnd mit dem Schieberkasten und dem Auspuff zu verbinden.

Ringhoffer's Dampfhammer arbeitet als doppelt wirkende Dampfmaschine, daher sowohl mit periodischem Unter- als Oberdampfe. Derselbe ist durch Abb. 314 dargestellt.

Von der Selbststeuerung wird für Streckarbeit, von der Handsteuerung bei Gesenkarbeit Gebrauch gemacht. Der Dampfzylinder hat 365 *mm*, die Kolbenstange 150 *mm* Durchmesser, der volle Hub beträgt 850 *mm*, das Bärgewicht 1000 *kg*. Für die Gesenkarbeit ist die Schlagwirkung eine größere, weil der Hammer hierbei mit der vollen Wucht des Oberdampfes niedergeht, während bei der durch Selbststeuerung vermittelten Streckarbeit der entgegenkommende Unterdampf die Wucht mindert.

Bei Benützung der Handsteuerung ist die maximale Schlagzahl pro Minute 60, bei Selbststeuerung kann dieselbe auf 120 gesteigert werden.

Wendet man Handsteuerung an, so ist der Handhebel F mittels eines eingelegten Sperrzahnes mit dem Hebel D gekuppelt, so daß de

Hammerführer den Dampfschieber, einen entlasteten Kolbenschieber, durch Vermittlung des Gestänges bewegen kann. Hierbei ist der Backen *M* aus dem Schlitze herausgezogen, so daß die Steuerstange *C* um den Kopf des Daumenhebels *J* freies Spiel hat. Der Steuerhebel *K* und der mit ihm verbundene Daumenhebel *J* bewirken in diesem Falle nur die Umsteuerung am Ende des Hubes, um das Zerschlagen des oberen Zylinderdeckels zu hindern.

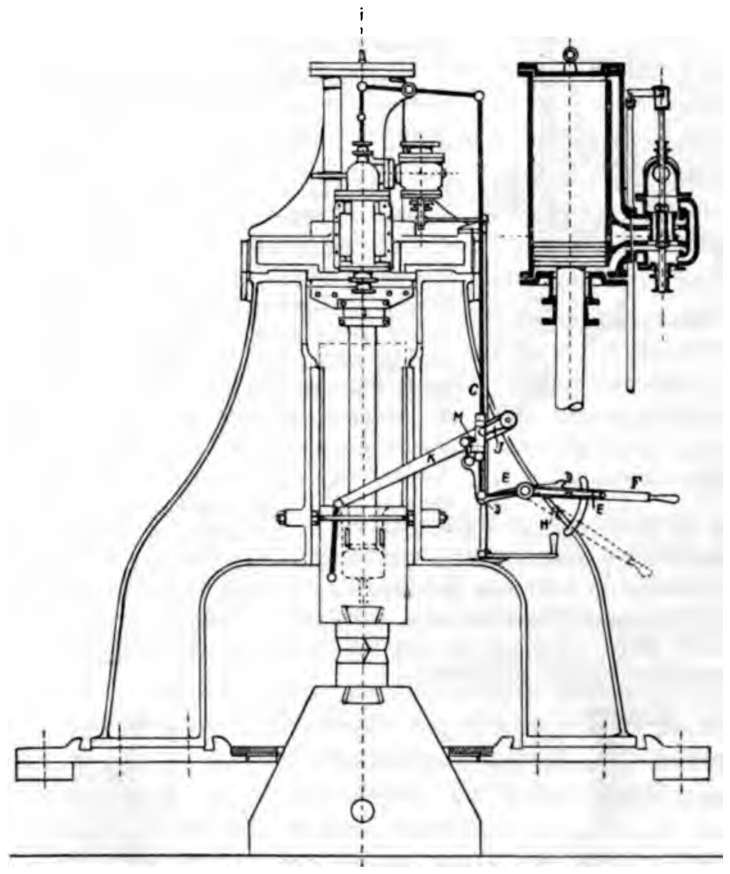


Abb. 314. Ringhoffer's Dampfhammer.

Bei Selbststeuerung wird Hebel *E* mit *D* durch einen Sperrzahn gekuppelt, der Handhebel außer Verbindung gesetzt, und der Backen *M* in den Schlitz der Steuerstange *C* geschoben und hierdurch der Kopf des Daumenhebels *J* beiderseitig eingeschlossen, wodurch die ganze Steuerung der Bewegung des Steuerhebels *K* folgen muß, welcher gelenkig an den Hammerklotz geschlossen ist. Sobald der Haupteinlaßschieber geöffnet wird, arbeitet der Hammer ganz selbständig.

Vom Naylorhammer sei nur eine Skizze der Selbststeuerung gegeben. In Abb. 315 bedeutet *g* ein Röllchen, das mit dem Hammerklotze steigt und fällt. Dasselbe stößt beim Hub gegen den Hebel *h*, beim Falle gegen *h'*. Aus der Abbildung ist ersichtlich, daß das nach links Drücken

von h einen Hub der Steuerstange s und die analoge Bewegung von h' das Niederziehen dieser Stange und sohin die entsprechende Schieberbewegung vermittelt. Durch Benützung der Hebel nn' lassen sich an einer fixen Stange S jene Hülsen verschieben, an welchen h und h' drehbar befestigt sind und dadurch kann der Hub des Hammers während fortgesetzter Selbststeuerung reguliert werden.

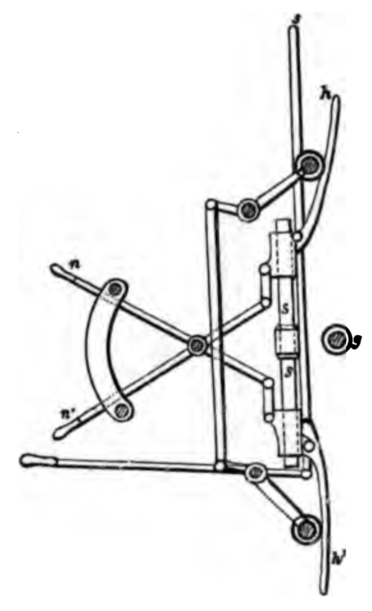


Abb. 315. Naylor's Selbststeuerung.

Der Hammer Brinkmanns zeichnet sich durch eigenartige, zum Teile in die Kolbenstange gelegte Steuerungsorgane aus. Dieser Hammer ist durch Abb. 316 und 317 dargestellt. Der Zylinderboden ist zu einem langen in den Ständer eingelassenen Rohre ausgebildet, welches bei B, C und D ausgeschnitten ist. Die Öffnungen C und D führen zum Auspuff a. Die beiden Bohrungen der Kolbenstange K und K' haben verschiedene Länge und mündet K über, K' unter dem Kolben. Diese Bohrungen sind an ihrem unteren Ende nach außen geöffnet. In der gezeichneten Stellung tritt durch B und K' Dampf unter den Kolben und steht gleichzeitig der Raum über dem Kolben durch K und C mit dem Auspuff a in Verbindung; der Hammer steigt, bis die untere Öffnung von K' mit D und a in Verbindung tritt und gleichzeitig die untere Öffnung von K nach B kommt. Hierdurch strömt der Unterdampf aus, während frischer Oberdampf den Fall beschleunigt. Verdeckt die Kolbenstange die Öffnungen B und C, so tritt unter dem Kolben Expansion, über demselben Kompression ein. Eine Verdrehung des Hammers wird durch schwalbenschwanzartige Führungsleisten, welche an der dicken Kolbenstange angebracht sind und in entsprechende Nuten des Stopfbüchsenrohres passen, verhindert.

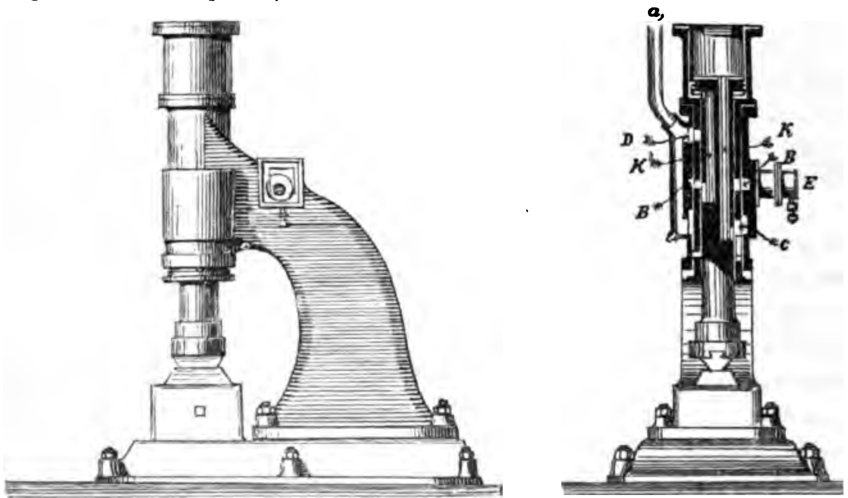


Abb. 316. Brinkmann's Dampfhammer. Abb. 317.

Der Hammer ist von Hand aus leicht regulierbar, da man nur den Dampf mehr oder weniger zu drosseln braucht; geringere Drosselung, beziehungsweise höhere Dampf-

spannung bewirkt raschere und zugleich stärkere Schläge. Der Hammer arbeitet ökonomisch, so lange die Dichtung erhalten ist, welche jedoch leichter als bei anderen Hämmern mangelhaft wird.

Seller's Dampfhammer ist gleichfalls ein Schnellhammer, die Selbststeuerung ist von einer schiefen Ebene abgeleitet, welche an dem oberen Teile der Kolbenstange angearbeitet ist. (S. Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, Bd. 2, S. 525.)

Allgemeine Bemerkungen zur Konstruktion der Dampfhämmer.

Die mit der Hammerarbeit verbundenen Vibrationen verlangen eine vorzügliche Fundierung. Es empfiehlt sich, den Amboß unabhängig vom Ständer zu fundieren. Das Fundament des Ständers besteht gewöhnlich aus Quadermauerwerk, mit welchem der Ständer durch Fundamentschrauben verbunden wird; das Fundament des Ambosses, beziehungsweise seine Unterlage, der Chabotte, wird mit Vorteil aus vertikal gestellten, miteinander verdübelten Eichenpfosten gebildet, welche überdies mit Eisenreifen umspannt sind. Der Raum zwischen Amboß- und Ständerfundament wird mit Sand ausgestampft. Findet eine Setzung des Amboßfundamentes statt, so kann durch Unterlegen von Eisenplatten unter die Chabotte nachgeholfen werden.

Das Chabottegewicht soll für Eisenschmieden das achtfache, für Stahlschmieden das zwölffache Hammergewicht betragen. Die Fallhöhe in Metern gemessen kann nach der empirischen Formel $H = 0{\cdot}026\sqrt{G}$ bestimmt werden, wobei das Hammergewicht G in Kilogrammen auszudrücken ist.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Verbindung der Kolbenstange mit Kolben und Bär. Bei den kleinen Hämmern empfiehlt es sich, den Kolben mit der Kolbenstange aus einem Stücke zu schmieden; bei größeren Hämmern preßt man den schwach konisch ausgedrehten Kolben auf den entsprechend abgedrehten Zapfen der Kolbenstange gegen ihren Bund auf und sichert den Kolben noch überdies durch Schraube und Mutter mit vorgesetztem Keile. Die Anwendung runder Gewinde und sorgfältige Abrundung aller Übergänge bei jenen Stellen, wo Änderungen im Querschnitte der Kolbenstange vorkommen, vermindert wesentlich die Gefahr eines Bruches. Auch die Verbindung zwischen Kolbenstange und Bär wird meist so durchgeführt, daß man das Kolbenstangenende zu einem kugeligen oder segmentförmigen Kopfe staucht und diesen Kopf zwischen Metallpfannen, welche in eine entsprechende Bohrung des Bärs eingelegt werden, faßt und durch Querkeile feststellt. Zwischen die untere Metallpfanne und eine auf den Bohrungsboden gelegte Platte schaltet man zuweilen eine Scheibe harten Holzes ein, um die Stöße etwas zu mildern.

Transmissionshämmer.

Statt der Dampfhämmer wendet man für leichtere Schmiedearbeiten verschiedene, von der Transmission getriebene Hämmer an, welche noch

von *h* einen Hub der Steuerstange *s* und die analoge Bewegung von *h'* das Niederziehen dieser Stange und sohin die entsprechende Schieberbewegung vermittelt. Durch Benützung der Hebel *nn'* lassen sich an einer fixen Stange *S* jene Hülsen verschieben, an welchen *h* und *h'* drehbar befestigt sind und dadurch kann der Hub des Hammers während fortgesetzter Selbststeuerung reguliert werden.

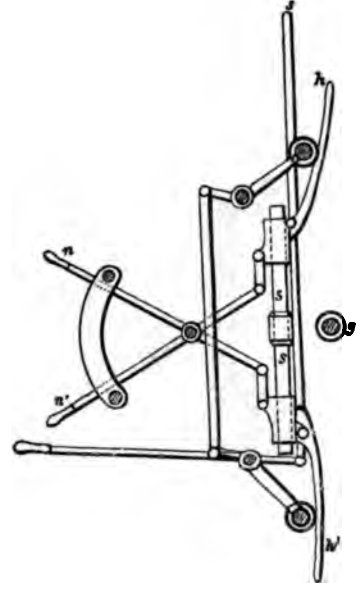


Abb. 315. Naylor's Selbststeuerung.

Der Hammer Brinkmanns zeichnet sich durch eigenartige, zum Teile in die Kolbenstange gelegte Steuerungsorgane aus. Dieser Hammer ist durch Abb. 316 und 317 dargestellt. Der Zylinderboden ist zu einem langen in den Ständer eingelassenen Rohre ausgebildet, welches bei *B*, *C* und *D* ausgeschnitten ist. Die Öffnungen *C* und *D* führen zum Auspuff *a*. Die beiden Bohrungen der Kolbenstange *K* und *K'* haben verschiedene Länge und mündet *K* über, *K'* unter dem Kolben. Diese Bohrungen sind an ihrem unteren Ende nach außen geöffnet. In der gezeichneten Stellung tritt durch *B* und *K'* Dampf unter den Kolben und steht gleichzeitig der Raum über dem Kolben durch *K* und *C* mit dem Auspuff *a* in Verbindung; der Hammer steigt, bis die untere Öffnung von *K'* mit *D* und *a* in Verbindung tritt und gleichzeitig die untere Öffnung von *K* nach *B* kommt. Hierdurch strömt der Unterdampf aus, während frischer Oberdampf den Fall beschleunigt. Verdeckt die Kolbenstange die Öffnungen *B* und *C*, so tritt unter dem Kolben Expansion, über demselben Kompression ein. Eine Verdrehung des Hammers wird durch schwalbenschwanzartige Führungsleisten, welche an der dicken Kolbenstange angebracht sind und in entsprechende Nuten des Stopfbüchsenrohres passen, verhindert.

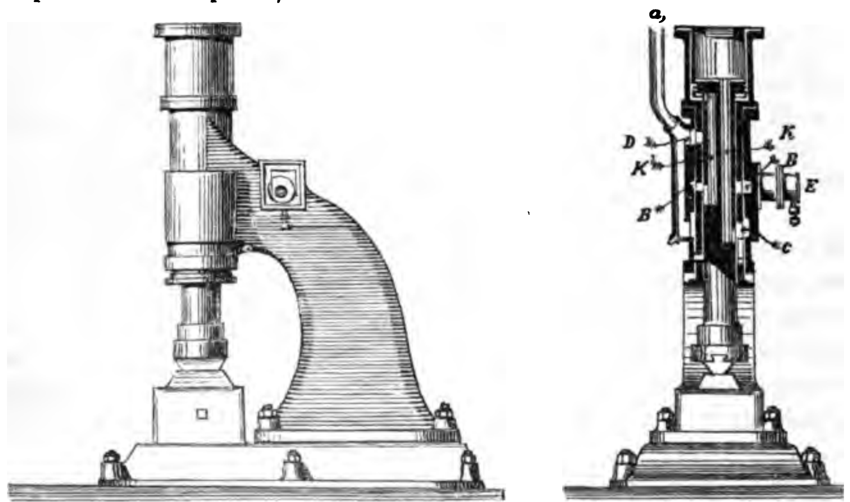


Abb. 316. Brinkmann's Dampfhammer. Abb. 317.

Der Hammer ist von Hand aus leicht regulierbar, da man nur den Dampf mehr oder weniger zu drosseln braucht; geringere Drosselung, beziehungsweise höhere Dampf-

spannung bewirkt raschere und zugleich stärkere Schläge. Der Hammer arbeitet ökonomisch, so lange die Dichtung erhalten ist, welche jedoch leichter als bei anderen Hämmern mangelhaft wird.

Seller's Dampfhammer ist gleichfalls ein Schnellhammer, die Selbststeuerung ist von einer schiefen Ebene abgeleitet, welche an dem oberen Teile der Kolbenstange angearbeitet ist. (S. Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, Bd. 2, S. 525.)

Allgemeine Bemerkungen zur Konstruktion der Dampfhämmer.

Die mit der Hammerarbeit verbundenen Vibrationen verlangen eine vorzügliche Fundierung. Es empfiehlt sich, den Amboß unabhängig vom Ständer zu fundieren. Das Fundament des Ständers besteht gewöhnlich aus Quadermauerwerk, mit welchem der Ständer durch Fundamentschrauben verbunden wird; das Fundament des Ambosses, beziehungsweise seine Unterlage, der Chabotte, wird mit Vorteil aus vertikal gestellten, miteinander verdübelten Eichenpfosten gebildet, welche überdies mit Eisenreifen umspannt sind. Der Raum zwischen Amboß- und Ständerfundament wird mit Sand ausgestampft. Findet eine Setzung des Amboßfundamentes statt, so kann durch Unterlegen von Eisenplatten unter die Chabotte nachgeholfen werden.

Das Chabottegewicht soll für Eisenschmieden das achtfache, für Stahlschmieden das zwölffache Hammergewicht betragen. Die Fallhöhe in Metern gemessen kann nach der empirischen Formel $H = 0{\cdot}026\sqrt{G}$ bestimmt werden, wobei das Hammergewicht G in Kilogrammen auszudrücken ist.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Verbindung der Kolbenstange mit Kolben und Bär. Bei den kleinen Hämmern empfiehlt es sich, den Kolben mit der Kolbenstange aus einem Stücke zu schmieden; bei größeren Hämmern preßt man den schwach konisch ausgedrehten Kolben auf den entsprechend abgedrehten Zapfen der Kolbenstange gegen ihren Bund auf und sichert den Kolben noch überdies durch Schraube und Mutter mit vorgesetztem Keile. Die Anwendung runder Gewinde und sorgfältige Abrundung aller Übergänge bei jenen Stellen, wo Änderungen im Querschnitte der Kolbenstange vorkommen, vermindert wesentlich die Gefahr eines Bruches. Auch die Verbindung zwischen Kolbenstange und Bär wird meist so durchgeführt, daß man das Kolbenstangenende zu einem kugeligen oder segmentförmigen Kopfe staucht und diesen Kopf zwischen Metallpfannen, welche in eine entsprechende Bohrung des Bärs eingelegt werden, faßt und durch Querkeile feststellt. Zwischen die untere Metallpfanne und eine auf den Bohrungsboden gelegte Platte schaltet man zuweilen eine Scheibe harten Holzes ein, um die Stöße etwas zu mildern.

Transmissionshämmer.

Statt der Dampfhämmer wendet man für leichtere Schmiedearbeiten verschiedene, von der Transmission getriebene Hämmer an, welche noch

häufiger in Gebrauch stehen würden, wenn die Führung von Transmissionen in die Schmieden nicht häufig örtlichen Schwierigkeiten begegnen würde.

Fast ausschließlich findet die Bewegung des Hammerklotzes in vertikaler Richtung und in vertikalen Führungen statt.

Bei der sogenannten Schlage geht vom Hammerklotze ein Gurt aufwärts über eine rotierende Scheibe und hängt das zweite Gurtende frei herab. Zieht man an demselben, so nimmt die „Seilreibung" den Gurt mit und hebt den Bär. Läßt man den Gurt frei, so fällt der Bär.

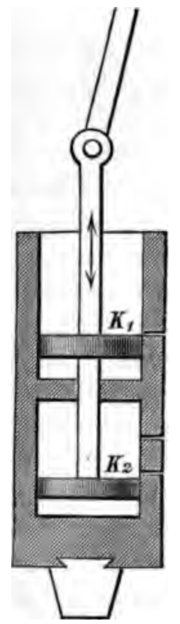


Abb. 318. Lufthammer.

Vertikalhämmer werden Vorrichtungen genannt, bei welchen der Bär durch Hebedaumen gehoben und sodann freigelassen fällt. Der Angriff der Hebedaumen erfolgt in der Regel an einem federnden Stücke (Puffer), welches im Hammerklotze entsprechend eingesetzt und zur Vermeidung nachteiliger Stöße nötig ist.

Federhämmer sind Transmissionshämmer, bei welchen eine Kurbel durch ihre Pleuelstange ein vertikal geführtes Prisma hebt und senkt, welches mit einer Bogenfeder ⌒ verbunden ist, die hierdurch die Vertikalbewegung mitmacht. Die beiden Enden der Bogenfeder sind mit kräftigen Riemen verbunden und die Riemenmitte mit dem Hammerklotze. Bewegt sich die Kurbel auf- oder absteigend, so steigt oder fällt auch der Hammerklotz; infolge der elastischen Zwischenmittel (Feder und Riemen) sind Stöße im Gestänge vermieden.

Lufthämmer sind den Federhämmern insofern ähnlich, als hier die Luft statt der Federn als elastisches Mittel eintritt. Eine gute Konstruktion, welche durch nebenstehende Skizze angedeutet ist, wird durch die Maschinenfabrik Vulkan (früher Fernau) in Wien ausgeführt. Der Bär wird vertikal geführt. Die Kolbenstange, Abb. 318, trägt zwei Kolben, von welchen der untere nur beim Hube wirkt, während bei dem Niedergange der Kolbenstange die Luft sowohl unter K_1 als K_2 komprimiert wird, wodurch sich die Kraft des Schlages wesentlich erhöht.

Friktionshämmer. Der Grundgedanke, welcher diesen für kleine Schmiedearbeiten sehr rationellen Hämmern zugrunde liegt, beruht darauf, mit dem Bären eine vertikale Holzschiene zu verbinden, welche durch Friktionsrollen erfaßt, gehoben und freigelassen werden kann, wodurch Hub und Schlag des Hammers erfolgt. Die konstruktiven Details dieser Hämmer sind mannigfach, da man von denselben nicht selten verlangt, daß der auf willkürliche Höhe gehobene Bär festgehalten werden könne und erst falle, wenn dies gewünscht wird.

Eine vorzügliche Konstruktion nach Stiles & Parker ist durch Abb. 319 und 320 dargestellt.[1])

[1]) Siehe den Ausstellungsbericht von Ingenieur Franz Wenzelides über die Ausstellung in Philadelphia 1876, Wien 1877.

Der Hammerklotz C ist mit der flachen Holzschiene D, Abb. 319, verbunden. Diese Schiene wird, wenn der Bär gehoben werden soll, von den Friktionsrollen E, E', Abb. 320, erfaßt und in die Höhe gezogen. Beide Rollen E, E' sind entsprechend angetrieben, und zwar E' unmittelbar, E hingegen durch Vermittlung der auf den Achsen von E, E' sitzenden Zahnräder. Durch den

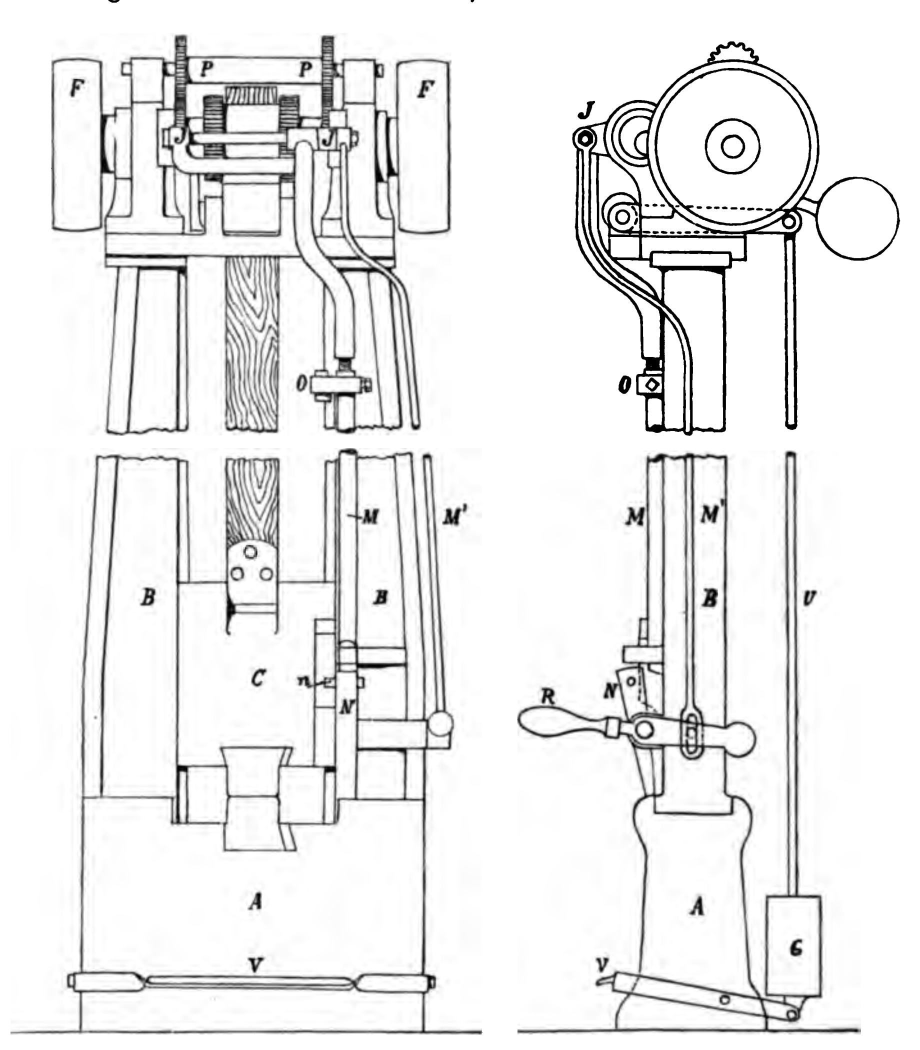


Abb. 319. Friktionshammer von Stiles & Parker. Vorder- und Seitenansicht.

Arm J und die Stange M wird das exzentrische Lager von E gedreht und hierdurch E gegen die Holzschiene D und die Rolle E' gedrückt, in welchem Falle Friktion an D eintritt und der Hub erfolgt. Wären nur die beiden Rollen E, E' auf D wirksam, so würde der Bär sofort fallen, wenn der Friktionszug aufhört, was durch Abrücken von E eintreten würde. Es sind jedoch unter den beiden Friktionsrollen E und E' die zwei „Klemmhebel“ k, k' angebracht, wovon der eine k auf einer exzentrischen Achse

gelagert ist, die sich mittels des Armes H verdrehen läßt. Wird H gehoben, so entfernt sich der Klemmhebel k von der Schiene D und umgekehrt. Den Hub der Schiene D hindern die Klemmhebel nie, denn liegen sie während des Hubes der Schiene D auch an dieser an, so bewirkt dies nur eine geringe Aufwärtsdrehung von k, k'. Die Abwärtsbewegung der Holzschiene, also der Fall des Hammers, wird durch die Klemmhebel sofort verhindert, weil sie exzentrische Köpfe haben und hierdurch zangenartig wirken. Erst wenn H gehoben und Klemmhebel k dadurch von der Schiene abgezogen wird, kann der Fall des Bären erfolgen. Zu diesem Zwecke ist H durch Stange U mit dem Fußtritte V verbunden. Wird der Tritt getreten, so hebt sich U und H, wird er freigelassen, so zieht das Gewicht G beide nieder.

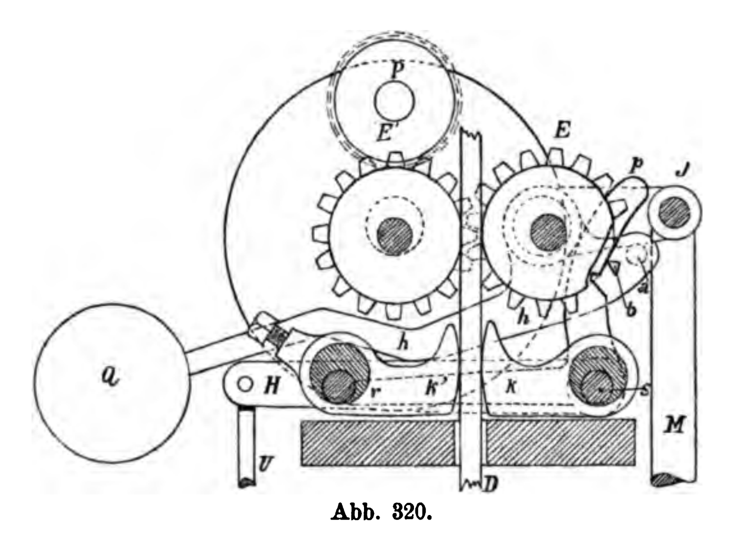


Abb. 320.

Die beiden exzentrischen Lagerbüchsen der Rolle E tragen Arme J, welche mit einer Querstange verbunden sind und an dieser hängt die vertikale Stange M mit dem stellbaren Anschlage O und die Stange M', welche an ihrem unteren Ende einen Langschlitz besitzt, in welchen ein Stift des Handhebels R eingreift.

Hat man durch Aufwärtsziehen des Handhebels R die Stange M' niedergezogen und die Arme J so gedreht, daß E und E' die Schiene D fassen, so steigt der Hammer, bis ein Ansatz (Knagge) am Bären den Anschlag O trifft, hierdurch die Stange M und die Arme J hebt (wodurch auch M' gehoben wird) und die Klemmung von D durch Abrücken von E aufhört. Der Hammer wird nun durch die Klemmhebel so lange gehalten, bis durch Treten des Trittes V ihre Auslösung erfolgt.

Der Langschlitz in M' bewirkt, daß die durch den Hammerklotz hervorgebrachte Bewegung von M auf den Hebel R nicht einwirkt und daher das gefahrlose Ergreifen des Hebels R von Seite des Arbeiters geschehen kann.

Um die Verdrehung der Arme J und der beiden Exzenterbüchsen auf das richtige Maß zu beschränken, ist der eigenartig geformte Hebel h vor-

handen, welcher sich frei um dieselbe Achse mit *J* dreht. Sein kürzerer Arm trägt einen Zapfen *a*, welcher den Hebel *J* von unten faßt. Das Gewicht *Q* ist so gewählt, daß es *J* samt den daran hängenden Teilen heben kann. Wird der Fußtritt *V* getreten und dadurch Stange *U* und Arm *H* gehoben, so hebt *H* den Hebel *h* mit und hierbei schnappt der Winkelhebel *rsp*, durch eine Feder gedrückt, auf den Zahn *b*, welcher sich an *h* befindet, auf und hält den Hebel *h*. Hierbei bleibt *E* an *D* gepreßt, wenn *J* und *M* sinken konnten und der Hammer steigt. Stößt beim Hube des Bären dessen Knagge an *O* und hebt *M*, so löst diese Stange, indem sie *p* nach links dreht, den Zahn *b* aus, der Hebel *h* sinkt, hebt *J* und Rolle *E* ist ausgerückt.

Hat der Hub des Bären die Stange *M* gehoben, so bewegt sich ein drehbares Stück *N* mit Stift *n* so, daß es die Stange unterstützt und dieselbe am Herabfallen hindert. Sobald sich aber der Hammerbär dem Ambosse nähert, so schlägt ein Vorsprung des ersteren auf den Stift *n*, rückt *N* aus und *M* kann fallen, die Friktionsrollen treten in Wirkung, der Hammer steigt.

Die Exzenter von *E'* und *k'* dienen nur zur Einstellung bei etwaigem Wechsel der Schiene. Die Verdrehung des Exzenters von *E'* erfolgt von der Welle *P* aus mittelst Zahnrädern. Ein hübsches, vielfach verwendbares Detail ist noch folgendes. Um das Brechen oder Losrütteln der Ständerschrauben zu verhindern, hat man das Loch im Ständer an der Stelle, wo die Mutter zu sitzen kommt, auf eine gewisse Tiefe zylindrisch erweitert, in diese Erweiterung einen Kautschukring, darauf einen Eisenring gesetzt, welche beide durch die Mutterschraube festgepreßt werden. Die Versicherung der Mutter wird durch einen Federstift (Springbolzen) erzielt, welcher in Bohrungen der Mutter einspringt. Durch ein feines Loch kann dieser Stift von oben mittelst eines Drahtes niedergedrückt werden, um die Mutter anziehen zu können.[1])

Gesenkschmiede wird jene Schmiedemaschine genannt, welche aus einer Reihe vertikal geführter Stempel, in welche die Obergesenke eingesetzt sind, besteht; diese Stempel arbeiten gegen festgestellte Untergesenke, sind durch Federn gegen oben gedrückt und werden durch gelenkige Sattelstücke niederbewegt, welche ihrerseits die Bewegung durch Exzenter erhalten, die an einer horizontalen Welle aufgekeilt sind. Durch versetztes Aufkeilen der Exzenter bewegen sich die Stempel ungleichzeitig. In dieser Maschine sind etwa zehn verschiedene, häufig gebrauchte Gesenke eingesetzt, natürlich nur so viele als Stempel vorhanden sind, und der Schmied benützt das sich eignende für seine spezielle Arbeit.

---

[1]) Friktionshämmer bauen: Pratt & Whitney Comp. in Hartford, Stiles & Parker Preß Comp. in Middletown, Max Hasse in Berlin, „Vulkan" in Wien u. a.

Das Preßschmieden.

Das Preßschmieden ist eine Gesenkarbeit mit Anwendung ruhigen Druckes. Im großen Maßstabe wurde dieselbe durch den Direktor der Lokomotivfabrik der Staatseisenbahngesellschaft in Wien, John Haswell, im Jahre 1861 eingeführt.

Eine große horizontal disponierte Dampfmaschine, von 1600 *mm* Hub und 1650 *mm*[1]) Kolbendurchmesser, besitzt eine beiderseits verlängerte Kolbenstange und wirken diese Verlängerungen als Plunger der rechts und links vom Zylinder angeordneten Pumpen. Die Achsen der Pumpenzylinder und des Dampfzylinders liegen daher in einer horizontalen Geraden.

Bei 6 Atmosphären Dampfspannung beträgt der Dampfdruck auf den Kolben 163.300 *kg* und dieser Druck wird unmittelbar auf den Plunger der Pumpe übertragen, so daß die Pressung des Wassers bei einem Plungerdurchmesser von 163 *mm* die Höhe von 600 Atmosphären erreicht. Mit dieser Spannung arbeitet das Druckwasser in der hydraulischen Schmiedepresse.

Diese Presse ist vertikal disponiert, der Druckkolben wird von oben gegen das zu bearbeitende Schmiedestück niedergedrückt. Für den Beginn der Arbeit, d. h. für jene Zeit, in welcher der Druckkolben von seiner höchsten Stellung bis zur Berührung mit dem Schmiedestücke gesenkt wird, bedarf es keines hohen Druckes, und in dieser Zeit läßt man Wasser aus einem Akkumulator mit etwa 5 Atmosphären Spannung einfließen. Ist der Druckkolben aber zur Auflage auf dem Schmiedstücke gelangt, dann läßt man die Dampfpumpen wirken und nun erfolgt die eigentliche Arbeit unter einem maximalen Drucke von σF, im vorliegenden Falle von $600 \times \frac{\pi}{4} 75^2$ nahe gleich 2,600.000 *kg*.

Ist die Formänderung erfolgt und will man den Druckkolben heben, dann öffnet man ein Auslaßventil am Druckzylinder, läßt frisches von den Pumpen kommendes Druckwasser unter einen Differentialkolben treten, welcher durch ein Hubgestänge mit dem Preßkolben verbunden ist, und hebt den Preßkolben. Diese Anordnung ist so disponiert, das der Differentialzylinder über dem Druckzylinder angebracht ist; die Achsen beider liegen in einer Geraden. Der Druckkolben tritt nach unten, der Differential- oder Hubkolben nach oben aus seinem Zylinder, beide Kolben tragen Querstücke (Querhaupt) und sind durch zwei Zugstangen miteinander verbunden.

Die Schmiedearbeit, welche mit dieser Presse durchgeführt wird, besteht zumeist in Gesenkarbeit. Mit dem Preßkolben ist das Obergesenk, mit der massigen Grundplatte das Untergesenk verbunden und ein roh vorgeschmiedetes Stück entsprechenden Volumens wird auf das Untergesenk gelegt und durch das Obergesenk eingepreßt. Hierbei können selbst kompliziert geformte gußeiserne Gesenke benützt werden, weil dieses Material

[1]) Die Maße beziehen sich nicht auf die erste Presse, sondern auf eine der späteren größten Ausführungen.

dem ruhigen Drucke Stand hält. Will man das Preßschmieden mit einem Lochen verbinden, so besteht das Untergesenk aus mehreren Teilen, von welchen man nach der Pressung jene prismatischen Teilstücke entfernt, welche sich dort befinden, wo behufs Bildung des Loches das Material ausgepreßt werden soll. Das Obergesenk ist in diesem Falle so ausgebildet, daß es an der künftigen Lochstelle kurze Ansätze besitzt, welche in das Schmiedestück Vertiefungen von etwa 6 *mm* Tiefe einpressen, sogenannte Marken.

Ist die erste Pressung erfolgt, so hebt man das Obergesenk, entfernt nach Erfordernis aus dem Untergesenke die prismatischen Teilstücke, setzt auf die Marken des Schmiedestückes prismatische Gußeisenklötze entsprechender

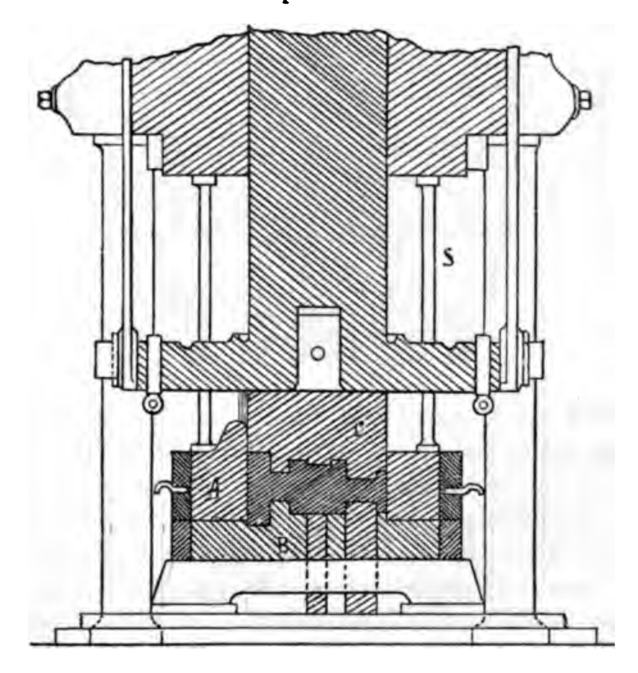


Abb. 321. Preßschmieden.

Höhe auf und gibt nun neuerlich Druck, bis das anzupressende Material entfernt ist. Durch nachstehendes Beispiel, welches einer Abhandlung Robert Lane Haswell's,[1]) des Sohnes des Erfinders, entnommen ist, wird der Vorgang klar werden.

Wir behandeln die Erzeugung eines Radsegmentes samt Kurbelnabe aus Schmiedeeisen.

Die Packetierung des zu pressenden Eisenstückes geschieht nach der gewöhnlichen Art, voll auf Fug, aus möglichst weichem Eisen, falls man nicht vorzieht, Martinflußeisen zu verwenden. Das Packet erhält ein Gewicht von 130 *kg*. Das Ausschmieden des Packets wird unter einem 60 *q* Dampfhammer vollzogen, und zwar wird dasselbe auf eine rechteckige Form

[1]) Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, III. Auflage, Bd. 7, S. 762.

geschmiedet. Diese Brame wird im noch warmen Zustande in den Schweißofen zurückgebracht und nach erlangter Hitze unter dem Dampfhammer auf jene Form geschmiedet (abgestückt), welche dem in der Presse verwendeten Gesenke beiläufig entspricht. Das Stück kommt hierauf wieder in den Schweißofen zurück und erhält die letzte Hitze für das Pressen.

Das Pressen geschieht im gußeisernen Gesenke (Abb. 321). Dieses besteht aus dem oberen Teile *A*, dem unteren *B* und dem Stempel *C*. *A* und *B* entsprechen zusammen dem Untergesenke, *C* ist das Obergesenk. In *B* finden wir zwei Dorne, welche durch Unterlagen während des Pressens festgehalten sind. Über dem zu pressenden Radsegmente befindet sich der Stempel *C* ganz ähnlich dem Teile *B*, nur mit dem Unterschiede, daß

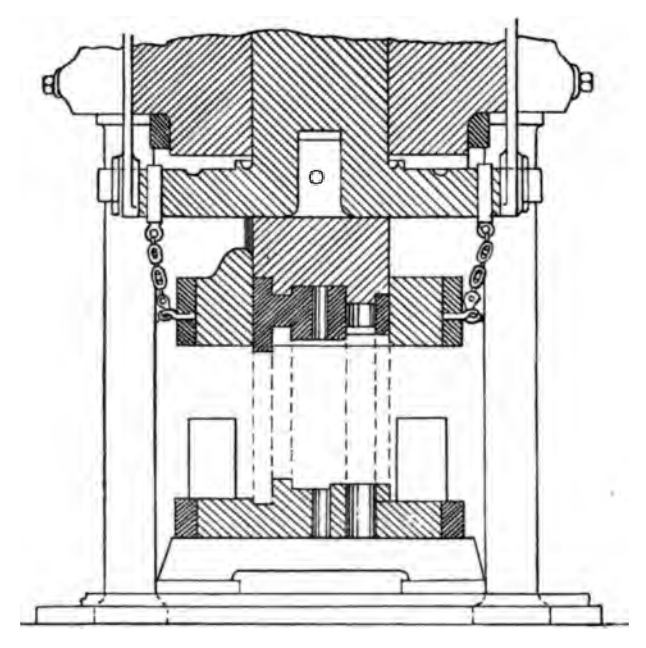


Abb. 322.

hier über dem Mitteldorne sich ein Ansatz befindet, welcher für das Lochen bereits beim Fassonnieren eine Vertiefung als Führung für den später aufzusetzenden, respektive durchzudrückenden Dorn bildet.

Die Gesenkteile *A* und *B* befinden sich auf einem Untergestelle, dessen Höhe vom Hube der Presse abhängig ist, und das auf einem Schlitten befestigt ist. Ist das Gesenk gehörig zusammengestellt, so werden die Spreizen *S* aufgestellt und das Gesenk innen mit Schmiere ausgestrichen. Die Spreizen gestatten das Ausheben des Obergesenkes *C*, ohne daß der Gesenkteil *A* mitgehoben wird.

Das bis zur starken Schweißhitze gebrachte, abgestückte, zu pressende Stück wird mittels Wagen zur Presse gebracht, von diesem mittels Zangen gehoben und eingesetzt. Es erfolgt nun rasch der Druck, welcher das Segment

fassonniert. Dann wird der Stempel C gehoben und auf die durch den Ansatz des Stempels erzielte seitliche Vertiefung ein ganz gleicher Dorn, wie der im unteren Modellteile sich befindende aufgesetzt, hierauf der untere Dorn durch Herausstoßen seiner Unterlage entfernt, und durch Druckgeben der Dorn durchgedrückt, somit die Speichen des Segmentes gebildet. Behufs Lochens der Nabe wird der Stempel abermals gehoben, auf die für das Lochen schon durch den zentralen Stempelansatz gebildete Vertiefung ebenfalls ein Dorn aufgesetzt und durchgedrückt.

Zum Herausnehmen des nun fertigen Segmentes aus dem Gesenke befinden sich an den Seiten des schmiedeeisernen Ringes des Oberteiles zwei Haken (Abb. 322), mit welchen (nachdem die Spreizen entfernt wurden) durch die an den Plungerkopf der Presse befestigten Ketten das Aufheben erfolgt.

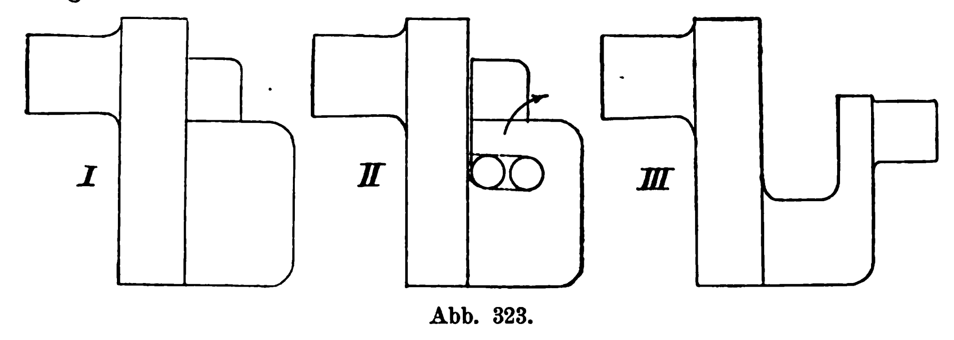


Abb. 323.

Hierauf werden auf den unteren Teil prismatische Klötze (Abb. 322) gelegt, der obere Teil auf diese gesetzt, die Ketten gelöst, der Stempel gehoben, und nun durch Auflegen einer Eisenplatte auf das noch im Oberteile befindliche Segment und Druckgeben mit dem Stempel das gepreßte Stück oder Radsegment aus dem Gesenke oder Model gebracht.

Die Erzeugung in 10 Stunden aus zwei Öfen, einer zum Hammer, einer zur Presse, beträgt 24 Stück. Arbeitslohn beim Pressen 30 bis 35% des Arbeitslohnes beim Schmieden unter dem Hammer.

In der oben zitierten Abhandlung sind noch andere Beispiele der Anwendung der Haswellpresse gegeben.

Ein schönes, der neuesten Zeit entnommenes Beispiel kombinierter Anwendung der Schmiedepresse ist folgendes:

Das Stück I (Abb. 323) wird zunächst unter der Schmiedepresse im Gesenke gepreßt, hierauf kalt geschlitzt, gebohrt und ausgestoßen, wie II darstellt, sodann wieder glühend gemacht, unter dem Dampfhammer in die Gestalt III gebogen und nach neuerlicher Erhitzung unter der Schmiedepresse nochmals gepreßt, worauf es der weiteren Bearbeitung zugeführt wird.

Für die Herstellung kleiner Schmiedestücke, insbesondere zur Fabrikation von N i e t e n, Schraubenbolzen u. dgl. kann man sich mit Vorteil der Schraubenpresse von V i n c e n t bedienen. (D. R. P. Nr. 1084 vom 31. August 1877.) Diese Maschine ist in Abb. 324 dargestellt.

Die Schraubenspindel S ist in zwei Lagern des Gestelles unverschiebbar gelagert und trägt an ihrem oberen Ende eine konische mit Leder armierte Friktionsscheibe F, die mit je einer der zwei auf der verschiebbaren Welle m aufgekeilten Friktionsscheiben F_1 F_2 zum Kontakt gebracht, eine rechts- oder linksläufige Bewegung erhält. Das die glühenden Bolzen aufnehmende

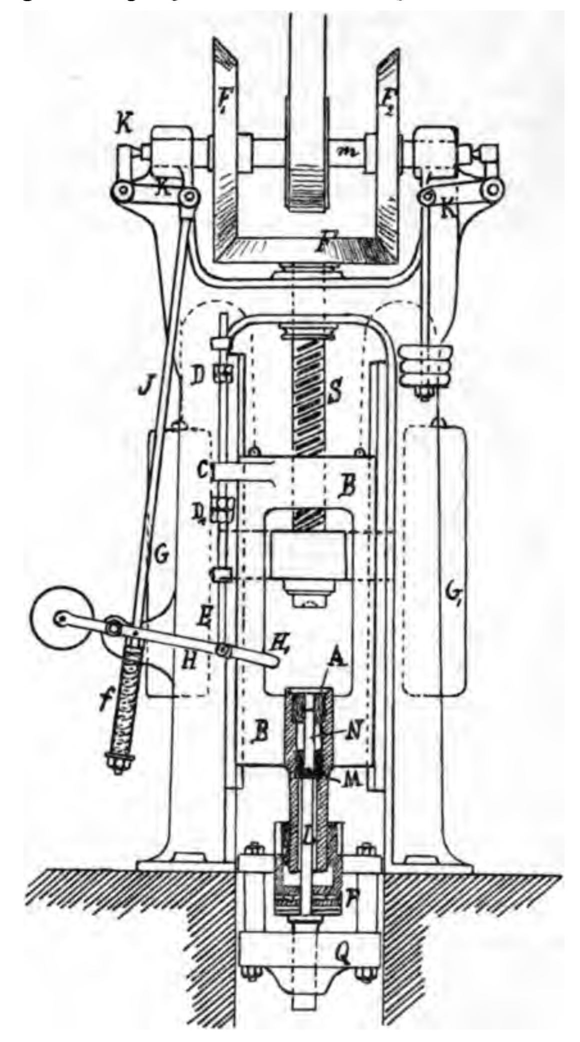


Abb. 324. Vincent's Schraubenpresse.

Gesenk A ist in einen schweren Schlitten B eingesetzt, in dessen oberem Teile die Schraubenmutter für die Spindel S eingefügt ist. Das Gewicht dieses Schlittens ist durch die zwei an Kettenrollen hängenden Gewichte $G\,G_1$ ausgeglichen. Das Obergesenk befindet sich in dem unteren Teile der Schraubenspindel S. Wird die Schraubenspindel in Rotation versetzt, so bewegt sich der Schlitten B gleich leicht nach auf oder ab, und es sammelt sich in ihm sehr viel lebendige Kraft; diese wird nun bei der Aufwärts-

bewegung zur Stauchung des Niet- oder Schraubenkopfes benützt. In dem Momente, wo die Stauchung beginnt oder schon kurz vorher, wird der Friktionstrieb umgesteuert, und zwar entweder selbsttätig — durch einen am Schlitten befestigten Anschlag C, der gegen die auf der Steuerstange E sitzenden stellbaren Mutterschrauben D wirkt und die Ausrückbewegung von E auf den Hebel H und weiter mittels der Stange J auf den Winkelhebel K überträgt, gegen den sich die Welle m zufolge der auf den Winkelhebel K_1 wirkenden Gewichte stetig anlehnt — oder durch den Arbeiter, der die Maschine bedient, vermittels eines Druckes auf den Handgriff H_1. Das Ausstoßen des fertigen Stückes erfolgt bei dem Niedergange des Schlittens durch die Ausstoßstange L, indem diese das den Bodenstift des Gesenkes tragende Gleitstück M in seinem Niedergange aufhält, und so durch den Stift N das Auswerfen besorgt. Hierauf erfolgt die selbsttätige Umsteuerung durch Anschlagen von C an D_1, der Arbeiter bringt einen neuen Bolzen ein und das Spiel der Maschine wiederholt sich. Um bei zu tiefem Hinabgehen des Schlittens Beschädigungen hintanzuhalten, sind bei P und Q Kautschukpuffer eingeschaltet. Die Leistung dieser Maschine beträgt 20 bis 30 Nieten pro Minute.

Alle Nieten, Schraubenbolzen u. dgl., sowohl jene durch Handarbeit erzeugten, als auch die von Maschinen fabrizierten, zeigen an dem Nietkopfe einen unter dem Gesenke hervorgequollenen Materialkranz. Dieser Kranz oder Bart rührt von dem kleinen Überschuß an Material her, den man stets zur Sicherheit der vollen Ausbildung des Setzkopfes anwendet und ist praktisch nicht zu umgehen. Um diesen Schönheitsfehler zu beseitigen, werden die Nieten meist appretiert. Die dazu benützten Maschinen unterscheiden sich sehr wenig von gewöhnlichen Durchstoßmaschinen. Der Stempel, dessen Durchmesser gleich ist dem Durchmesser des Setzkopfrandes, enthält eine Bohrung zur Aufnahme des Nietschaftes und schert durch Eindringen in die Matrize, deren lichte Öffnung gleich dem Stempelquerschnitt ist, den vorstehenden Grat oder Rand weg.

Für die Erzeugung von Nieten und Schraubenbolzen werden übrigens viele andere Spezialmaschinen verwendet, ein Gleiches gilt von der Erzeugung von Muttern und Ketten, bei welchen man insbesondere bedacht ist, den Abfall auf das geringste Maß herabzubringen.[1])

[1]) Einiges Hierhergehörige ist in Karmarsch-Heerens Technischen Wörterbuche, III. Auflage, bei den betreffenden Artikeln beschrieben, weit mehr findet sich in Dinglers polytechnischen Journal, in der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure u. a. a. O.

3. ABSCHNITT.

Das Walzen.

Für bildsame Materialien ist das Walzen jene Arbeitsweise, welche am raschesten und gleichförmigsten eine Vergrößerung der Länge bei Verminderung der Dicke bewirkt.

Es wirken in der Regel zwei Walzen gleichzeitig auf das Arbeitsstück, sie ziehen dasselbe ein und die unmittelbare Wirkung erstreckt sich auf jene Oberflächenteilchen, welche an den Walzen anliegen, die weiter ab liegenden Materialteilchen werden durch Zug- und Druckfortpflanzung beeinflußt.

Die Art dieser Beeinflussung ist aus Abb. 325 ersichtlich, welche den Schnitt durch ein gewalztes Stück doppelt geschichteter Porzellanmasse darstellt. Diesen betreffs der Vorbereitung der Masse sehr mühsamen Versuch führte in den siebziger Jahren mein Assistent Herr Ferdinand Polak durch. Aus Abb. 325 ist zu entnehmen, daß die vertikalen Schichten in der Bewegungsrichtung der Walzen verzogen werden, weil die außen liegenden

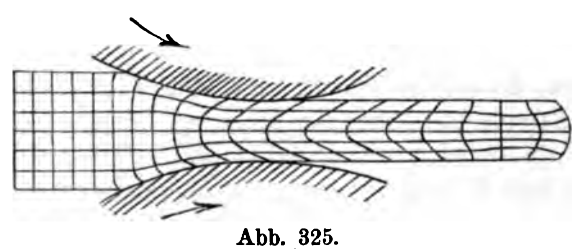


Abb. 325.

Teile infolge des Reibungszuges voreilen. Wenn das in der Figur rechts liegende Ende des Walzstückes hiervon eine Ausnahme macht, so ist dies dadurch begründet, daß die obere Walze beim Beginne des Versuches auf das eingelegte Ende des Walzstückes niedergelassen wurde, um es zu fassen, daher auf das Ende von oben drückend wirkte und sohin auch die dem Drucke entsprechenden Schichtenverschiebungen bewirkte. Das rechte Ende, bis zur fünften Vertikalschicht, ist daher für die Wirkung des Walzens nicht maßgebend, es sind dies nur die weiteren Schichten, welche den Walzvorgang gut erkennen lassen. Die Betrachtung der Abbildung zeigt die Zunahme des Abstandes der vertikalen Schichtenlinien, hingegen die Annäherung der horizontalen. Das Material ist also recht komplizierten Verschiebungen der Teilchen unterworfen und hört die Streckung erst auf, wenn die engste Stelle verlassen ist. Man denkt sich gewöhnlich die Durchgangsgeschwindigkeit des Walzstückes als genau übereinstimmend mit der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen und glaubt, daß Erhöhungen oder Vertiefungen an den Walzen sich genau umgekehrt (negativ) und in denselben Abständen voneinander auf dem Walzstücke abdrücken müssen, welche sie auf den Walzen besitzen; dies ist jedoch wegen der Streckung nicht der Fall. Denken wir uns am Walzenumfange z. B. vertiefte Linien parallel zur Walzenachse eingerissen, so werden am Walzstücke wohl Querrippen sich aufpressen, jedoch wird der Abstand

derselben größer sein als auf der Walze, und zwar um so größer, je bedeutender das Abnahmeverhältnis der Höhen, respektive die Streckung ist.

Die Theorie der Walzarbeit wurde mehrfach versucht, doch noch nicht befriedigend entwickelt. Eine sehr beachtenswerte Arbeit ist die vom „Vereine deutscher Eisenhüttenleute" in der Zeitschrift „Stahl und Eisen", 1881, S. 57 bis 85, veröffentlichte Abhandlung, welche auf zahlreichen, eingehend durchgeführten Versuchen zu theoretischen Erkenntnissen zu gelangen versuchte. Der Versuch ist leider nicht vollständig gelungen, nichtsdestoweniger hat die Arbeit großen Wert, weil sie Versuchszahlen lieferte, an welchen sich eine künftige theoretische Behandlung dieser schwierigen Aufgabe wird prüfen können. Herr Ingenieur E. Blass hat eine Theorie versucht, „Stahl und Eisen", 2. Jahrgang, Heft 7, und dürfte dieselbe das Beste sein, was bisher geboten wurde, doch befriedigt sie nicht vollkommen. Vergleiche auch eine spätere Abhandlung über denselben Gegenstand in „Stahl und Eisen", 1884, S. 697.

Da das Eisen um so bildsamer ist, je höher seine Temperatur, so trachtet man zumeist bei sehr heller Glühhitze zu walzen. Verläßt jedoch das Eisen die Walzen zu heiß, so können bei der weiteren Abkühlung nachteilige Veränderungen eintreten.

Die Metallographie ließ noch bestimmter, als das Aussehen des Bruches erkennen, daß die Art der Abkühlung die Qualität wesentlich beeinflußt. Solange Flußeisen und Flußstahl in Rotglut der mechanischen Bearbeitung z. B. dem Walzen, unterworfen ist, wird die Kristallisation unaufhörlich unterbrochen und ist die Kristallentwicklung verhindert. Deshalb sollte mechanische Bearbeitung erst dann beendet werden, wenn die Temperatur soweit gesunken ist, daß weitere langsame Abkühlung keine merkliche Zunahme der Korngröße zuläßt. Wenn man daher sehr heiß walzt, weil bei heller Glühhitze die Walzarbeit wesentlich erleichtert ist, so sollte das aus dem letzten Kaliber tretende Walzstück schnell zu dunkler Rotglühhitze abgekühlt werden, damit es beim weiteren Abkühlen feinkörnig bleibt. (Vgl. S. 108.)

Die Maschine, welcher die Aufgabe des Walzens zufällt, heißt **Walzwerk**. Hat dasselbe die Aufgabe, Luppen zu zängen oder die bereits unter dem Hammer gezängten Luppen zu Rohschienen auszuwalzen, so führt es den Namen **Präparier-**, **Luppen-**, **Zäng-** oder **Rohschienen-Walzwerk**; ist seine Aufgabe, aus den Packeten Stabeisen herzustellen so heißt es **Stabeisenwalzwerk** usw.

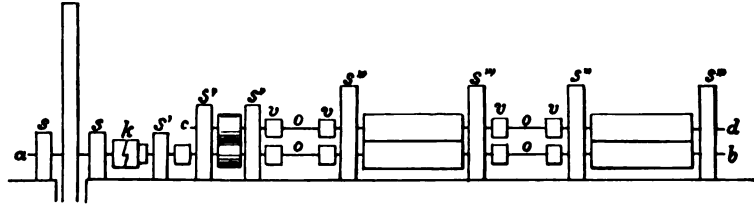


Abb. 326. Walzenstraße.

Gewöhnlich sind mehrere Walzenpaare, wie die Skizze Abb. 326 zeigt, derart verbunden, daß sie gemeinsamen Antrieb von der Schwungradachse *a*

erhalten. Eine solche Anordnung heißt **Walzenstraße**. In unserer Figur bedeuten *s* die Ständer der Schwungradachse, *k* ist die ausrückbare Kuppelung zwischen *s* und *s'*, hierauf folgen die zwischen den Ständern *s''* liegenden Getriebe (Krauseln) und zwischen *s'''* sind die Walzen gelagert. *a b* ist die untere, *c d* die obere Welle, diese Wellen laufen jedoch nicht durch, sondern sind durch die Brechköpfe *v* und Zwischenstücke *o* verbunden.

Die Walzen bestehen aus dem mittleren Teile, dem sogenannten **Walzenbunde** (Abb. 327), den Lager- oder Laufzapfen und den Kupplungs- oder

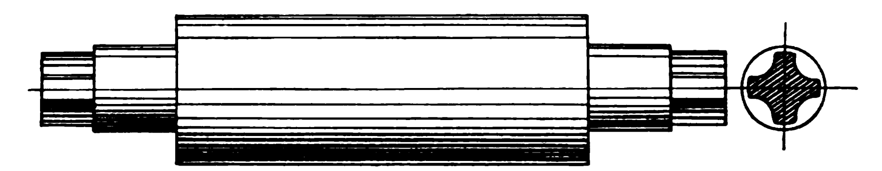


Abb. 327. Walze mit glattem Bunde.

Kreuzzapfen. Der Walzenbund ist bei Blechwalzen und Universalwalzen glatt, bei den Rohschienen- und Stabeisenwalzwerken aber mit eingedrehten Vertiefungen, **Kalibern**, versehen. Die Länge des Bundes ist gleich dem $2^1/_2$—$3^1/_2$fachen Walzendurchmesser. Der Querschnitt der Kuppelzapfen oder auch Kreuzzapfen ist aus Abb. 327 zu entnehmen. Den gleichen Querschnitt hat auch die kurze Kupplungswelle *o*, Abb. 326. Der Muff *v* ist dazu passend gestaltet und auf den Kupplungszapfen einerseits, auf die Kupplungswelle anderseits aufgeschoben. Um die Verschiebung des Muffs zu hindern, sind an die Kupplungswelle Stäbe angelegt und mit Bändern oder Reifen festgehalten. Der **Muff** oder **Brechkopf** wird absichtlich schwächer gehalten, damit bei vorkommendem Klemmen des Walzstückes kein Bruch der Walzen, sondern des Brechkopfes erfolgt. Der Abstand der oberen Walze von der unteren ist durch Schrauben einstellbar. Zwei zusammengehörige Kaliberwalzen sind in Abb. 328 (mit im Durchmesser reduzierten Walzen) dargestellt,

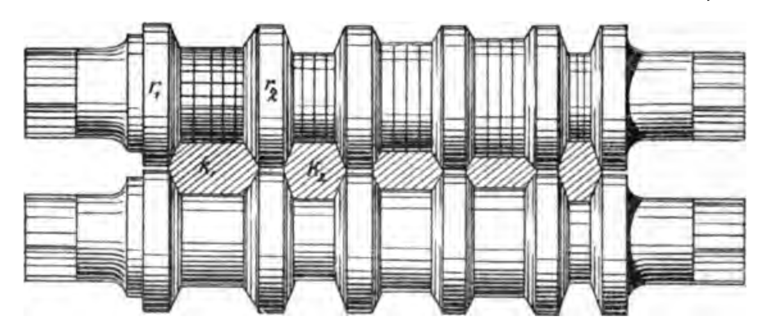


Abb. 328. Kaliberwalzen (Walzendurchmesser verkleinert dargestellt).

k_1 k_2 ... sind die Kaliber, r_1 r_2 ... die Walzenringe oder Remmel, welche das Walzstück seitlich begrenzen und daher die „Breitung", d. i. den seitlichen Fluß des Materials nur soweit gestatten, bis Berührung mit den Walzenringen eintritt. Indem die Walzen im Sinne der Pfeile, Abb. 329, rotieren, fassen

und zwängen sie das Walzstück durch den geringeren Kaliberquerschnitt. Dieses Fassen findet aber nur dann statt, wenn das Walzstück nicht breiter ist als das Kaliber und auch nur dann, wenn die Zugkraft der Walzen größer ist als der vom Walzstücke in der Durchgangsrichtung geleistete Widerstand. In seiner Höhendimension wird das Walzstück von h_1 auf h_2 gebracht, es findet also eine Höhenabnahme „Druck" statt. Der Länge nach erfolgt ein Strecken, eine Längenvermehrung; der Breite nach aber ist die Einwirkung, Breitung, verhältnismäßig gering, und zwar um so geringer, je leichter das Material sich strecken läßt,[1] jedoch unter gleichen Umständen dann größer, wenn die Höhenabnahme eine größere ist. Indem der Zug der Walzen, d. i. die Reibung derselben am Walzstück, dieses zwischen den Walzenoberflächen durchdrängt, wirken die Walzen drückend auf das Walzstück, und man kann daher ganz wohl von einem Drucke in der Richtung der Höhe, vom sogenannten Höhendrucke reden; dieser Druck ist sehr bedeutend, bei größeren Kalibern über 100.000 *kg*.

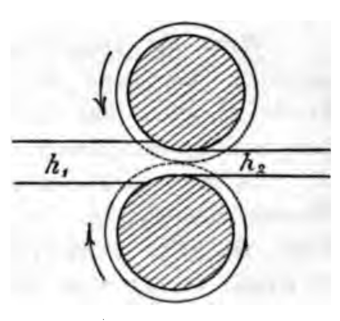


Abb. 329.

Will man von einem bestimmten Anfangsquerschnitt (des Packets) zu einem geometrisch ähnlichen Endquerschnitt gelangen, so ist die Anwendung einer Reihe von Kalibern nötig, welche das Walzstück abwechselnd in gewendeter Lage, d. h. die Breite als Höhe gesetzt, passieren muß. Will man ein Walzstück quadratischen oder rechteckigen Querschnittes den Walzen zuführen, so kann dies, je nachdem die Kaliber gewählt sind, entweder so geschehen, daß eine der beiden Seiten oder auch die Diagonale als Höhe erscheint. Betrachten wir zunächst den ersten Fall, dann muß das gewählte Kaliber, damit es das Walzstück erfassen kann, mindestens die Breite der horizontal gelegten Rechteckseite besitzen; die Höhe des Kalibers mag um $^1/_8$ niedriger oder gleich $^7/_8$ der Höhe des Walzstückes sein. Wir sagten, das Kaliber müsse mindestens die Breite des Walzstückes haben; denn sonst wirken die Walzenringe ein, schneiden Material ab, welches zu dünnen Lamellen ausgewalzt mit dem Walzstücke rechts und links zusammenhängen und die richtige Form beeinträchtigen würde, oder es findet überhaupt kein Einziehen statt. Auch dann, wenn das Walzstück genau einpaßt, drückt sich durch die Breitung etwas Material zwischen die Walzenringe und bildet die Walznähte. Aus diesem Grunde macht man das Kaliber stets etwas weniges breiter. Durch den Durchgang erhält man nun ein Walzstück von geringerer Höhe aber derselben oder etwas größerer Breite und durch analoge Wiederholung des Walzens durch mehrere Kaliber könnte man endlich zu einem rechteckigen Querschnitt geringerer Höhe gelangen. Man

[1]) Dies erklärt die anfänglich überraschende Erscheinung, daß weicheres (oder heißeres) Material eine geringere Breitung aufweist als härteres. Daher bei gleicher Glühhitze Schmiedeeisen weniger in der Breite zunimmt als Stahl (Tunner).

sieht, daß auf diesem Wege die verlangte geometrisch ähnliche Querschnittsendform nicht zu erzielen ist. Denkt man sich jedoch nach jedem Durchgange das Walzstück gewendet, so daß, was Höhe war, zur Breite gemacht wird, so hat die Breite jedes nächsten Kalibers stets um Geringes die Höhe des vorhergehenden zu übersteigen, und man gelangt so zu einer Abnahme der Breiten- und Höhendimensionen, kann also die verlangte Schlußform erzielen.

Wird eine Diagonale zur Höhe, die zweite zur Breite gemacht, beim nächsten Durchgang die zweite Diagonale zur Höhe, die reduzierte zur Breite, so kann man durch geeignete Fortsetzung auch auf diesem Wege zum Schlußprofil gelangen.

Es sieht nach dem Gesagten die Aufgabe, die richtigen Kaliber in den Walzen anzubringen, die Kalibrierung,[1]) sehr einfach aus; aber doch bietet sie große Schwierigkeiten, welche einerseits darin liegen, daß man in einer Hitze vom Packet, Abb. 330, bis zum Endprodukt zu gelangen strebt, daher die Zahl der Kaliber möglichst herabzumindern hat, und mit möglichst wenig Walzen möglichst viele Endformen herstellen soll; anderseits aber bei Herstellung von Fassoneisen die dann ungleich streckende Wirkung ein und desselben Kalibers mit der Beschaffenheit des Materials in Einklang bringen muß. Auch muß die Höhenabnahme so gewählt sein, daß die durch sie bedingte Breitung die richtige ist, d. h. das Kaliber ausfüllt. Ist der Druck zu stark, so entstehen schädliche Reibungen, selbst Kantenrisse. Exakte Regeln liegen nur für die einfachsten Formen vor.

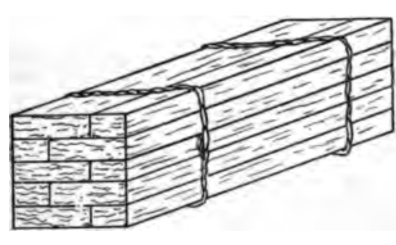


Abb. 330. Packet.

Die Kaliber sind bezüglich ihrer Aufgabe, ihrer Form und Lage in den Walzen sehr verschieden. In ersterer Hinsicht, also bezüglich des Zweckes oder der Aufgabe, lassen sich die Kaliber nach Tunner einteilen in:

1. Schweißkaliber. Sie haben die Aufgabe, eine gute Verschweißung der einzelnen Schienen des Packetes zu bewirken. Bei der Verarbeitung der Ingots entfallen dieselben.

2. Streck- oder Vorbereitungskaliber, welche tunlichste Streckung des Walzstückes bewirken sollen.

3. Entwicklungskaliber, welche die Endform vorbereiten.

4. Vollend- oder Fertigkaliber, welche die Endform namentlich mit Rücksicht auf das Schwindmaß ausbilden.

Eine spezielle Art der Entwicklungskaliber sind:

5. Die Breitungs- oder Stauchkaliber, durch welche gewisse Teile des Walzstückes (z. B. der Schienenfuß bei Eisenbahnschienen) ausgebildet werden.

[1]) Siehe Tunner, Walzenkalibrierung. Leipzig, Artur Felix 1867. Daelen, Hollenberg und Dickmann, Drei gekrönte Preisschriften über Walzenkalibrierung. Berlin 1874. Brovot, Das Kalibrieren der Walzen. Leipzig, Arthur Felix, 1903.

Zu den Vollendkalibern gehören:

6. Die Adjustierkaliber, bestimmt zur Ausbildung der Kanten oder bestimmter Abrundungen.

Die Schweiß- und Streckkaliber liegen in den Vorwalzen, die Entwicklungs- und Vollendkaliber in den Fertigwalzen.

Der Form nach unterscheidet man:

1. Spitzbogenkaliber. Abb. 331 zeigt seine Konstruktion. Gegeben ist *ab* und *cd*, welche im Verhältnisse von 10 zu 12 stehen können; die

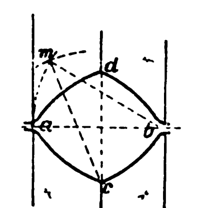


Abb. 331. Spitzbogenkaliber.

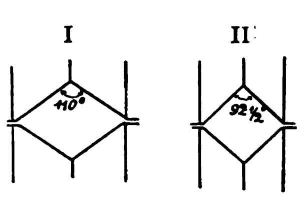


Abb. 332. Quadratkaliber.

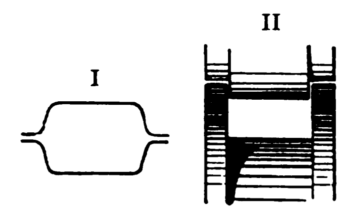


Abb. 333. Flachkaliber.

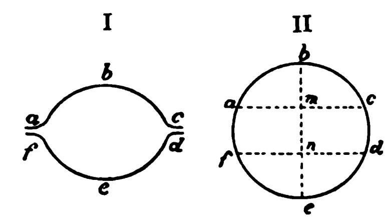


Abb. 334. Ovalkaliber.

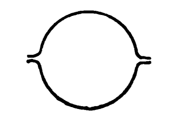


Abb. 335. Rundkaliber.

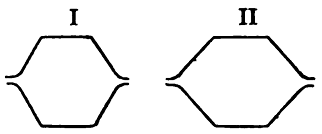


Abb. 336. Polygonkaliber.[1])

Bogenmittelpunkte *m* bestimmen sich, indem man von *b* und *c* (ebenso von je zwei anderen Eckpunkten) Kreisbogen vom Radius *ab* beschreibt; es ist daher $mb = mc = ab$.

Werden mehrere Spitzbogenkaliber hintereinander verwendet, so ist die Breite jedes folgenden gleich der Höhe des vorhergehenden mehr einem Zuschlage für die Breitung. Das Walzstück wird stets um 90° gewendet in das folgende Kaliber eingeführt.

2. Quadratkaliber. (Abb. 332 I und II.) Die erste Figur zeigt ein Quadratkaliber als Streckkaliber, die zweite als Vollendkaliber.

3. Flachkaliber. (Abb. 333 I und II.) Die erste Figur zeigt ein offenes, die zweite ein geschlossenes Flachkaliber.

4. Ovalkaliber. (Abb. 334 I und II.) Es besteht dasselbe aus den beiden Kreisbogensegmenten *abc* und *def*, welche, wie die zweite Figur dar-

---

[1]) Es kann die Ergänzung vorstehender Abbildungen durch Zuzeichnung der Walzenringe als Übung empfohlen werden. (Vergl. Abb. 337 u. 338.)

stellt, dadurch erhalten werden, daß man durch die Punkte m und n des vertikalen Durchmessers Sehnen zieht; es ist $bm = mn = ne$.

5. Rund- oder Kreiskaliber (Abb. 335) ist stets nur als Vollendkaliber zu verwenden.

6. Polygonkaliber. (Abb. 336 I und II) Die erste Figur zeigt ein Vorbereitungs-, die zweite ein Vollendkaliber.

Bei allen diesen Kalibern, mit Ausnahme von Abb. 333 II finden Abrundungen an den Walzenringen statt, wodurch das Einziehen befördert wird und das Walzstück leichter das Kaliber verläßt.

7. Fassonkaliber. Die Kaliber für Winkel-, T-, U-, Doppel-T-Eisen, Eisenbahnschienen usw. usw.

In bezug auf die Lage der Kaliber in den Walzen unterscheidet man:

1. Offene oder geteilte Kaliber.
2. Geschlossene oder versenkte Kaliber.
3. Teils geschlossene, teils offene Kaliber.
4. Exzentrische Kaliber, zu welchen auch die unterbrochenen und periodischen gezählt werden können.

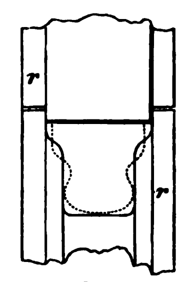


Abb. 337. Stauchkaliber.

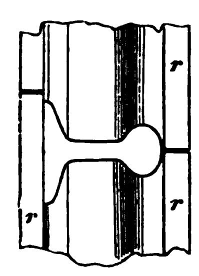


Abb. 338. Einseitig geschlossenes und geteiltes Kaliber.

Die offenen oder geteilten Kaliber können betreffs der Form allen vorstehend angegebenen sieben Hauptformen angehören; bezüglich ihrer Aufgabe sind es sowohl Schweiß- als Streckkaliber, öfter auch Entwicklungs- und Vollendkaliber, seltener Adjustierkaliber. Die in Abb. 331, 332, 334, 336, gezeichneten Kaliber sind durchgehends offene.

Die geschlossenen oder versenkten Kaliber sind beispielsweise durch Abb. 333 II und 337 dargestellt. Der Form nach können es Flach- und Fassonkaliber sein. Eine spezielle Art der geschlossenen Kaliber sind die Breitungs- oder Stauchkaliber und stellt ein solches Abb. 337 dar. Es hat dieses speziell den Zweck der Ausbildung, Breitung, des Schienenfußes. Die einpunktierte Linie deutet den Querschnitt des zugeführten Walzstückes an. Die geschlossenen Kaliber sind meist Entwicklungs- oder Vollendkaliber.

Als Beispiel eines teils geschlossenen und teils offenen Kalibers mag Abb. 338 dienen, es ist dies ein Adjustierkaliber zur Abrundung des Schienenkopfes. Das Bedürfnis für dieses Kaliber wird später klar werden.

Alle diese Kaliber laufen zentrisch zur Walzenachse und sind nach Schablonen in den Walzenbund eingedreht.

Ist jeder einzelne Querschnitt durch die Walze zwar ein Kreis, liegt derselbe aber exzentrisch zur Walzenachse, so nennt man ein solches Kaliber ein exzentrisches. (Hierher gehören die Kaliber für die Fischbauchschienen.) Hören die Querschnitte auf, Kreise zu sein, so werden die Kaliber unterbrochene, und falls die Unterbrechung im Walzenumfang sich zwei-, drei-...*n*-mal wiederholt, periodische Kaliber genannt. Unterbrochene und periodische Kaliber finden bei Feilenwalzen usw. Anwendung und wird durch dieselben die spätere Schmiedearbeit erleichtert.

Das Abnahmeverhältnis ist das Verhältnis eines Kaliberquerschnittes zum nächstfolgenden oder das Verhältnis des Querschnittes des eintretenden Walzstückes zu jenem des austretenden. Es ist dieses Verhältnis von der Beschaffenheit, Dimension und Form des Walzstückes und der Festigkeit der Walzen abhängig; es kann für größere Stücke bei Flachkalibern 6 : 5 und 5 : 4, bei sehr heißem und weichem Material selbst 4 : 3 bis 3 : 2 betragen, ja für kleine Querschnitte selbst auf 2 : 1 steigen, wenn die Formen einfache sind, die Streckung daher gleichmäßig erfolgt. Die Abnahme des Querschnittes findet hingegen bei Fassoneisen häufig viel

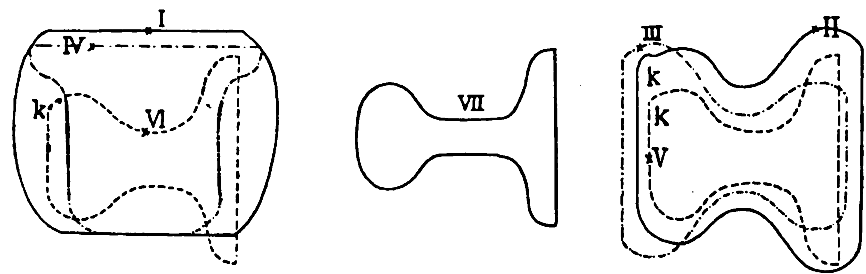


Abb. 339. Kaliber für das Walzen einer Grubenschiene.

langsamer statt, weil das Kaliber dann insbesondere die Aufgabe der Formgebung zu erfüllen hat, der Höhendruck, respektive die Streckung des Walzstückes eine ungleiche ist und das Material dieser ungleichen Inanspruchnahme ohne Reißen Folge leisten muß.

Bei Spitzbogenkalibern findet für Schmiedeisen die Abnahme durch nachstehende, in Millimetern ausgedrückten Werte des Konstruktionskreishalbmessers (*a*, *b*, Abb. 331) seinen Ausdruck: 158, 132, 112, 98, 86, 75, 66, 59, 53, 46.

Durch die vorstehenden Abb. 339 I bis VII ist in $^1/_2$ natürlicher Größe die Aufeinanderfolge der Kaliber für die Herstellung einer Grubenschiene dargestellt, und sind hierbei die Kaliber in jener Lage gezeichnet, in welcher sie in den Walzen liegen. I ist das Schweißkaliber, II bis V sind Entwicklungskaliber (hierbei ist IV das Stauchkaliber), VI ist das Vollend- und VII das Adjustierkaliber zum Zwecke der Abrundung der Kante bei *k*. Diese Kante ist unvermeidlich, denn die Kaliber II bis VI sind versenkte Kaliber, und wollte man in diesen den Kopf bereits vollkommen abrunden, so müßte die obere Walze an der Kopfseite des Kalibers in eine scharfe Kante auslaufen, was nicht zulässig ist.

Abb. 340 stellt die Aufeinanderfolge der Kaliber bei der Herstellung von Winkeleisen vor. Sämtliche Kaliber sind versenkte.

Was die Verteilung des Kaliberquerschnittes in den Walzen betrifft, so wäre es zwar scheinbar am natürlichsten, beide Walzen gleichviel einzudrehen und so vom Kaliberquerschnitt je die Hälfte in jeder Walze anzubringen; aber in diesem Falle könnte das austretende Stück gleich leicht sich gegen die obere wie die untere Walze ausbiegen, ja selbst wickeln. In den Schweißkalibern könnte ein Spalten des Packetes eintreten, ein Wickeln des einen Teiles um die obere, des anderen um die untere Walze, wodurch

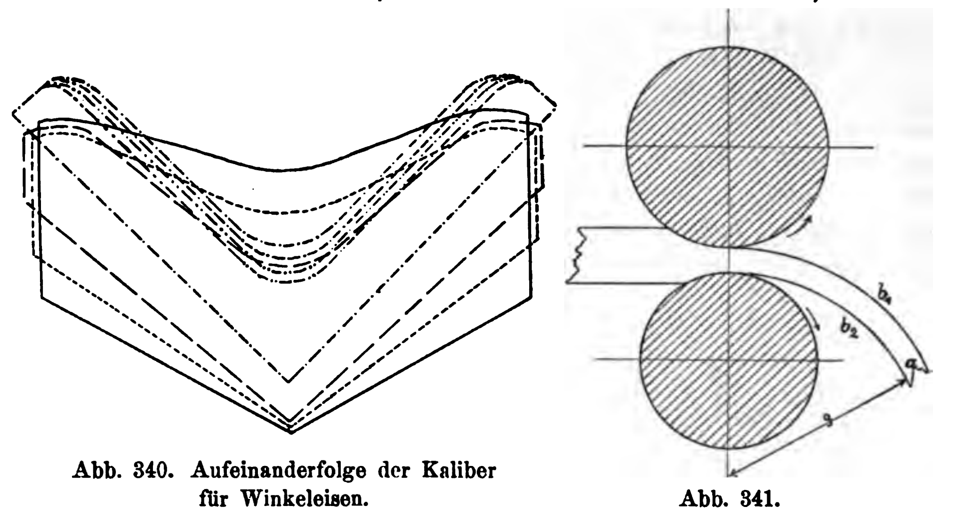


Abb. 340. Aufeinanderfolge der Kaliber für Winkeleisen.

Abb. 341.

ein Bruch fast unvermeidlich würde. Man müßte an beiden Walzen Abstreichvorrichtungen anbringen, was für die Arbeit unbequem wäre. Dies wird vermieden und die Abstreichvorrichtungen (Walzenbank, Abstreifmeißel) können auf die untere Walze beschränkt bleiben, wenn man das Kaliber mehr in die untere Walze einläßt oder die obere Walze etwas größer macht, weil dadurch das Walzstück die Tendenz erhält, gegen die untere Walze auszubiegen und sich um diese zu wickeln (wie Abb. 341 dies anzeigt), woran es eben durch die Abstreichbank gehindert ist. Bei geteilten Kalibern erhält die Oberwalze einen um 2 bis 3 *mm* größeren Durchmesser; bei versenkten Flachkalibern wird der Durchmesser der Matrize um 2 bis 8 *mm* kleiner als der Durchmesser der Patrize gemacht; bei Fassonkalibern legt man hingegen öfter über $^2/_3$ des Kalibers in die untere Walze, besonders dann, wenn die Form ein leichteres Hängenbleiben an der Oberwalze zuließe.

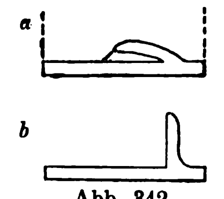


Abb. 342.

Einspringende Winkel, welche das Freilassen des Walzstückes verhindern, dürfen nie vorkommen, und bei der Herstellung von Walzstücken, welche dies scheinbar unvermeidlich machen, wie z. B. die Nasenplatte (Abb. 342 *a*), walzt man das Stück so aus, wie Abb. 342 *b* zeigt, und biegt die Nase dann um, wobei der Raum unter der Nase frei bleibt.

Wir haben hier noch jene Mittel zu besprechen, durch welche eine wesentliche Ersparnis an Kalibern, namentlich bei der Herstellung der verschiedenen Flacheisensorten, erzielbar ist. In dieser Beziehung sind die Stufen- oder Staffelwalzen und die Universalwalzwerke zu nennen.

Die Stufenwalzen, deren zwei von gleicher Gestalt, wie selbe durch die Abb. 343 gekennzeichnet ist, zusammenwirken, werden ausschließlich als Vorwalzen für Flacheisen benützt und wird das Walzstück bei jedem Durchgange um 90° gedreht. Um ein Kippen des Walzstückes zu verhindern, was bei der Einführung auf der schmalen Seite leicht eintreten würde, müssen entsprechende Einführtrichter vorhanden sein.

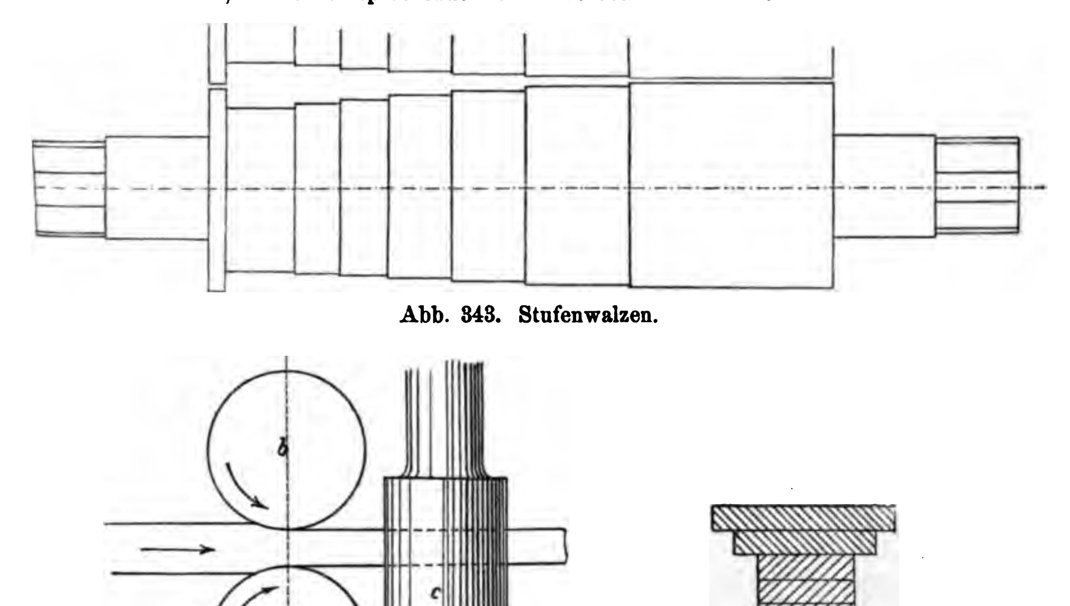


Abb. 343. Stufenwalzen.

Abb. 344. Universalwalzen.

Abb. 345.

Indem die Stufenwalzen keine seitlich begrenzten Kaliber aufweisen, so ist ihre Wirkung eine weniger vollkommene. Die Seitenflächen des Walzstückes nehmen keine beabsichtigte Gestalt an, sondern bilden sich (durch das sogenannte Fließen des Metalles) konvex aus. Als Vollendkaliber muß daher mindestens ein versenktes Kaliber angewendet werden.

Die Universalwalzwerke besitzen außer den gewöhnlichen zwei horizontalen Walzen noch zwei vertikale. Das Walzstück passiert zuerst die horizontalen Walzen und hierauf die vertikalen. In diesen Walzen sind keine Kaliber angebracht, sondern die Walzenbunde sind flach. Hiervon machen die vertikalen Walzen nur dann eine Ausnahme, wenn das Universalwalzwerk für Doppel-T-Eisen dient, in welchem Falle sie konvexe Umfläche besitzen (⊂⊥⊃). Die Walzen *a* und *c*, Abb. 344, sind gewöhnlich fix gelagert, die Walzen *b* und *d* (hinter *c* liegend, daher in der Figur nicht

sichtbar), sind parallel zu sich selbst gegen *a*, respektive *c* verstellbar. Die Universalwalzen können keine so reinen Formen liefern als die Kalibrierung, weil die Pressungen nicht in derselben Vertikalebene ihr Maximum erreichen, sondern die vertikale Pressung zwischen *ab*, die horizontale zwischen *cd* stattfindet. Hierdurch ist die Bildung reiner Seitenflächen und namentlich reiner Kanten nicht möglich. Das Universalwalzwerk kann daher nur als Vorwalzwerk gebraucht werden.

Zuweilen wird von der rechteckigen Querschnittsform des Packetes abgewichen und demselben eine Gestalt gegeben, welche der verlangten Endform näher liegt. Für das I- oder H-Eisen kann dies nach Abb. 345 geschehen.

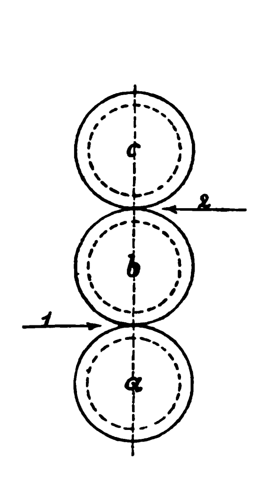




Abb. 346. Triowalzen.

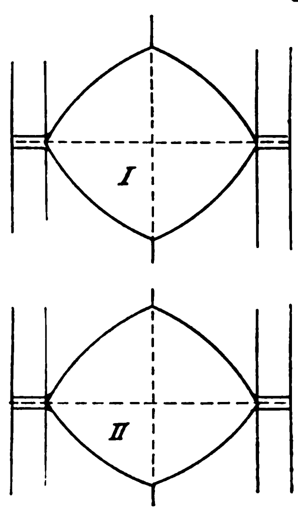


Abb. 347.

Der Lösung der Aufgabe, vom Packet bis zur Schlußform in einer Hitze zu gelangen, ist bei der Anwendung nur zweier, nach gleichbleibender Richtung laufenden Walzen, dem Zweiwalzensystem oder den Duowalzen, der Zeitverlust hinderlich, welcher durch das Zurückbringen des Walzstückes zur Einlaßseite entsteht. Nach dem Durchgange des Walzstückes wird dasselbe auf die obere Walze gehoben und dadurch auf die Einlaßseite zurückgeführt, es erfolgt dies zwar ebenso rasch wie der Durchgang, aber doch findet während dieser Zeit eine Abkühlung statt.

Diesem Übelstande begegnet man durch Umkehrung der Walzenbewegung mittels der sogenannten Reversierwalzwerke oder durch das Dreiwalzensystem, Triowalzen, Abb. 346; beim Drahtwalzen aber durch die Schnellwalzwerke.

Das Dreiwalzensystem, Abb. 346, ist durch drei übereinander gelagerte Kaliberwalzen charakterisiert. Das Walzstück tritt in der Richtung 1 durch das erste Kaliber, welches in den Walzen *a* und *b* angebracht ist, und gelangt dann in der Richtung 2 in das zweite Kaliber, daher durch *b* und *c* wieder auf die frühere Seite zurück. Das dritte, fünfte und siebente Kaliber liegt wieder in *a b*, das vierte, sechste, achte in *c b*, es findet das

Walzen daher nach beiden Richtungen statt. Die Schwierigkeiten dieses Systems liegen in der Verteilung der Kaliber, sie sind aber überwunden und das Dreiwalzensystem sehr verbreitet.

Sind die Kaliber der Triowalzen keine Fassonkaliber, sondern Spitzbogenkaliber, dann ist es möglich, in demselben Kaliber der Mittelwalze nach beiden Richtungen zu walzen. Man hat dann nicht doppelte Kaliber und erspart an Walzenlänge. Dieser Vorteil wird einfach dadurch erreicht, daß man der dritten Walze, wie Abb. 347 zeigt, flachere Bogen gibt.

Bezüglich der Reversierwalzwerke ist hervorzuheben, daß man dieselben mit sehr kräftigen Reversierdampfmaschinen (2000 bis 5000 Pferdekräfte) oder durch Dynamomaschinen antreibt. Das Schwungrad, welches bei den sonstigen Walzenzugmaschinen die erforderliche Arbeit ansammelt und abgibt, entfällt und aus diesem Grunde muß die Maschine überaus kräftig gehalten werden. Der Vorteil für den Walzenbetrieb, insbesondere für die Herstellung von Eisenbahnschienen und Kesselblech, ist deshalb ein so bedeutender, weil in einer Hitze sehr große Ingots zu fertiger Ware verwalzt werden können. Es war ehemals schon viel, und geschah ausnahmsweise, wenn Eisenbahnschienen in doppelter Gebrauchslänge hergestellt wurden, jetzt kann man bis zur fünffachen Länge und selbst darüber walzen. Da die sogenannten Zopfenden, d. i. Anfang und Ende, in der Länge von etwa 0·7 *m* unrein ausfallen und weggeschnitten werden müssen, dieser Abfall bei beliebiger Walzlänge derselbe ist, so hat man z. B. bei dreifacher Schienenlänge den gleichen Abfall wie bei einfacher, auf eine Schiene bezogen daher nur den dritten Teil.

Bei den Blechwalzwerken benützt man Walzen mit glattem Walzenbunde, und falls man das Dreiwalzensystem verwendet, so hält man die Mittelwalze nach Lauth viel schwächer, weil diese die Streckung bei geringerer Pressung und Kraft bewirkt. Die dünnere Mittelwalze erhält ihre Stützung stets durch eine der beiden dicken Walzen, gegen welche sie angedrückt wird. Bei den Blechwalzen dürfen die Achsen, wie wir wissen, nicht in einer Vertikalebene liegen. (S. 198).

Dünnere Bleche werden kalt unter öfterem Ausglühen gewalzt. Das Glühen muß sehr gleichmäßig erfolgen und wendet man hierzu Muffelöfen an.

Je feiner die Bleche gewalzt werden, um so mehrere kann man gleichzeitig in einem Packe walzen, nur muß man zwischen die einzelnen Bleche Graphit oder Specksteinpulver stauben oder mit einer Bürste gut verteilt aufpinseln, damit kein Zusammenwalzen erfolgt. Die Walzen müssen sehr genau zylindrisch sein, damit die Bleche eben bleiben, aus demselben Grunde müssen die Platten, von welchen aus die Walzarbeit beginnt, vollkommen gleiche Dicke besitzen.

Bei der Herstellung von Kupfer-, Messing-, Argentan- und Silberblechen geht man von gegossenen Platten aus, deren Guß in eisernen Formen erfolgt.

Man kann Blech bis herab zu $^1/_{10}$ *mm* walzen (noch etwas feiner schlagen). Die außerordentlich dünnen Blätter (bis $^1/_{9000}$ *mm*), welche als Blattgold, Blattsilber usw. zu Zwecken der Vergoldung u. dgl. Anwendung finden, können aber nur nach dem Verfahren der Goldschlägerei erhalten werden. Man legt hierbei zuerst zwischen quadratische Pergamentblätter je ein kleines quadratisches Feinblechstückchen, umschließt den gebildeten Stoß mit kreuzweise übergelegten Pergamentschleifen und treibt mit dem Goldschlägerhammer so lange, bis die Stückchen die Größe der Pergamentblätter angenommen haben, dann zerschneidet man diese dünnen Blätter wieder in kleine quadratische Stücke und verfährt nochmals so. Ein drittes- und viertesmal findet das Schlagen zwischen Goldschlägerhäutchen (Oberhaut des Blinddarmes der Rinder) statt.

Das Walzen von Eisendraht erfolgt in neuerer Zeit bis zu 5 *mm* Durchmesser mittels der sogenannten Schnellwalzwerke, bei welchen der Draht mehrere Kaliber zu gleicher Zeit passiert, daher es möglich wird, in einer Hitze von armdicken Zaggeln bis zum fertigen, 5 *mm* dicken Drahte zu gelangen.[1])

Abb. 348 gibt die Disposition eines solchen Walzwerkes im Grundrisse. Es bezeichnet D den Zylinder der Dampfmaschine, Z das verzahnte Schwungrad derselben, das in das Stirnrad z eingreift. In den Walzenständern liegen je drei Walzen w übereinander, von denen die mittleren durch Kupplung mit der Welle von z angetrieben werden. Um den Arbeitern das Einführen des Walzdrahtes in die Kaliber zu erleichtern, sind vor die Walzen w beiderseits starke Blechtafeln aufgestellt (hier weggelassen), die nur an den passenden Stellen Einführungstrichter besitzen. Da der Walzdraht bei vorgeschrittener Verstreckung oft vier bis fünf Kaliber gleichzeitig passiert, und die Arbeiter, die das Einführen des austretenden Endes durch eine rasche Wendung ihrerseits vollführen, in den so gebildeten Drahtschlingen stehen, so ist als Sicherung jedem ein Eisenpfahl zur Seite gesetzt, um ihn gegen das Zuziehen dieser Schlingen, welches zwar, da die Walzen immer mehr liefern als sie einziehen, nur bei einem Steckenbleiben eintreten kann, zu schützen. Knaben erhalten mit Hilfe eiserner Haken h die Ordnung dieser Schlingen aufrecht. Der aus dem letzten (runden) Kaliber austretende, noch rot glühende Draht wird unmittelbar zu einem eisernen Haspel H gebracht und hier durch die Transmission aufgewickelt. Ist die ganze Länge aufgewickelt, so wird der Riemen von der Vollscheibe s' auf die Leerscheibe s gestellt, das Ende des Drahtes mittels einer Zange um den gebildeten Drahtbund herumgeschlungen, und dieser abgenommen, um dem rasch folgenden nächsten Platz zu schaffen. Der so erzeugte Draht braucht nur, um den Glühspan zu entfernen, gescheuert oder mit verdünnter Schwefelsäure abgebeizt und mit Kalkmilch entsäuert zu werden, um sofort auf die Ziehbank gebracht werden zu können.

[1]) Ein modernes Schnellwalzwerk liefert pro Tag (Schicht) bei 45 Tonnen Draht ($4^1/_2$ Waggonladungen); die Austrittsgeschwindigkeit des Drahtes beträgt bei 7 *m*.

Drähte aus Kupfer, Messing u. dgl. werden, weil nicht so massenhaft gebraucht, nicht in derselben Weise bis zu 5 *mm* Dicke gewalzt, sondern gewalzte Stäbe von 15 bis 20 *mm* Durchmesser werden auf Schleppzangenziehbänken (s. unten) weitergezogen. Derlei Materialien würden sich für das

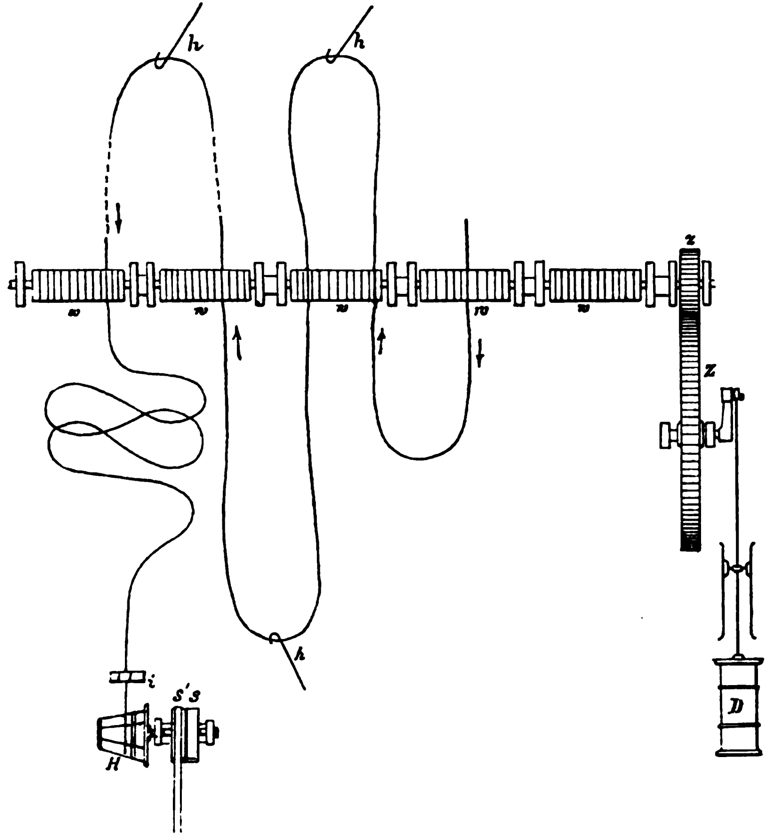


Abb. 348. Schnellwalzwerk.

Schnellwalzverfahren auch deshalb nicht so wie Eisen eignen, weil sie weder so weit erhitzt werden können, noch die Wärme so lange halten würden.

Besondere Walzwerke und Aufgaben des Walzens.

Kopfwalzwerke. Handelt es sich darum einen geschlossenen Ring durch Walzen wesentlich zu erweitern, so muß von der bisher betrachteten Anordnung der Walzen abgesehen werden. Für diese Aufgabe müssen Kopfwalzen in Verwendung treten, d. h. solche, deren arbeitende scheibenförmige Walzen frei aus dem Ständer ragen und das Einlegen und Ausheben eines Ringes leicht möglich machen. Der zu walzende Ring muß als solcher bereits vorhanden sein und wird er bei der Fabrikation der Tyres oder Bandagen aus einer vollen Eisenscheibe hergestellt.

In diese Eisen- oder Stahlscheibe wird ein Trunkus zuerst von der

einen, dann von der Gegenseite zentrisch eingetrieben und hierdurch unter Ausstoßung einer nur ganz dünnen Materialplatte ein Ring gebildet. Unter einem zweiten Dampfhammer mit besonderem hornähnlichen Amboß wird dieser Ring soweit erweitert, daß er in das Kopfwalzwerk gebracht werden kann, welches in Abb. 349 im Schnitte skizziert ist.

Unsere Figur zeigt die obere Walze fix gelagert, während die untere mittels hydraulischer Vorrichtung gehoben werden kann. Die Oberwalze ist die unmittelbar angetriebene, von welcher durch die Räder *a b* die Unter-

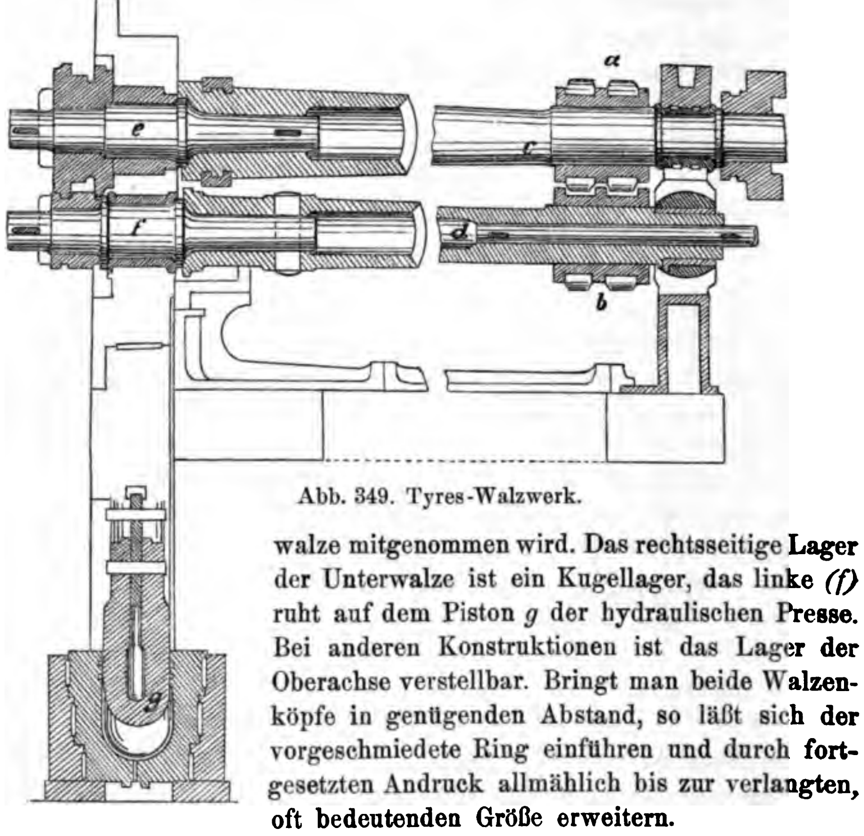


Abb. 349. Tyres-Walzwerk.

walze mitgenommen wird. Das rechtsseitige Lager der Unterwalze ist ein Kugellager, das linke *(f)* ruht auf dem Piston *g* der hydraulischen Presse. Bei anderen Konstruktionen ist das Lager der Oberachse verstellbar. Bringt man beide Walzenköpfe in genügenden Abstand, so läßt sich der vorgeschmiedete Ring einführen und durch fortgesetzten Andruck allmählich bis zur verlangten, oft bedeutenden Größe erweitern.

Zur Blecharbeit verwenden die Klempner oder Spengler kleine Kopfwalzwerke, welche als Siekenmaschinen, Bördelmaschinen, Falzmaschinen usw. eine häufige Anwendung finden.

Abb. 350 zeigt eine Siekenmaschine im Bilde und die Abb. 351 und 352 zeigen einige Anwendungen. Die Walzen *a b* können je nach der beabsichtigten Arbeit ausgewechselt werden. Will man einen Blechstreifen oder einen Blechring fassonieren (⏝–⏜), wozu man bei Handarbeit den Siekenstock und Siekenhammer verwendet (s. S. 269), so wendet man zwei zusammenpassende, fassonnierte Walzen, Sickenwalzen, an, deren eine größere Zahl den Siekenmaschinen beigegeben wird und auch nach Bedarf durch Drehen hergestellt werden können. Die obere Walze wird hierbei allmählich durch die Druck-

schraube *d* tiefer gestellt; die untere Walze kann durch den Arm bei *f*, welcher ein als schiefe Ebene wirkendes Auge besitzt, in der Längsrichtung etwas verschoben, beziehungsweise exakt eingestellt werden. Für gerade Blechstreifen und Ringe dient ein linealartiger Anschlag, welcher verschiebbar

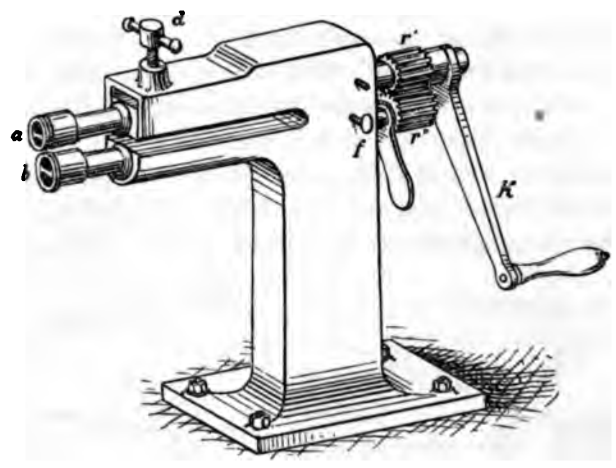


Abb. 350. Siekenmaschine.

mit der Maschine verbunden ist, als Führung. Soll hingegen der Rand einer kreisförmigen Blechscheibe die Kannelierung erhalten, so ist mit der Maschine eine das Blech im Zentrum klemmende Einspannvorrichtug verbunden, wie eine solche im Abschnitte Scheren (bei den Kreisscheren) beschrieben wird.

Die Abb. 351 *a* und *b* zeigen das sogenannte Vornehmen, d. i. das Umbiegen eines Blechrandes; diese Arbeit ist dem Falzen sehr ähnlich, nur wird bei letzterem der Rand im scharfen Winkel mit Zuhilfenahme etwas anders geformter Walzen aufgebogen.

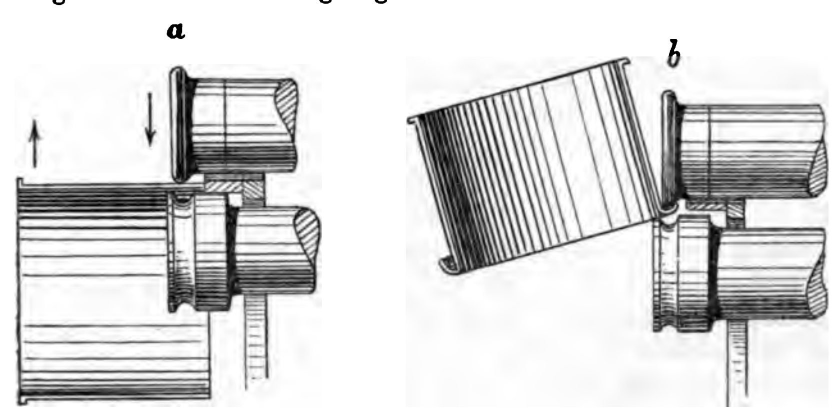


Abb. 351. „Vornehmen“.

Auf die Arbeit des Vornehmens kann jene des Zulegens folgen, bei welcher, wie Abb. 352 zeigt, der umgebogene Rand zu einem Wulste geschlossen wird. Gibt man vor dem Zulegen einen Drahtring in den vorge-

nommenen Rand, so wird die Steifigkeit des Randes erhöht und zugleich ein schön gerundeter Wulst erhalten. (S. Näheres im Artikel Blechbearbeitung in Karmarsch-Heeren's techn. Wörterbuche, III. Aufl.)

Kollarwalzen. Ein eigentümliches Walzstück sind die Kollare für die Kettenbrücken, welche aus zwei Kreisscheiben und einem vierkantigen Verbindungsstücke bestehen (●——●). Zunächst wird eine Schiene hergestellt, welche aus massigeren Enden und schwächerem Mittelstücke besteht (■——■). Dieses Stück wird einem Walzwerke zugeführt, welches zwei Scheibenpaare besitzt, deren Abstand jenem der dicken Enden der Schiene entspricht. Diese wird nun parallel zu den Walzen gelegt und durchgewalzt, und zwar so lange, bis die verdickten Teile die Gestalt einer Ellipse angenommen haben und ihre Dicke gleich geworden ist der Dicke der Verbindungsschiene. Ist

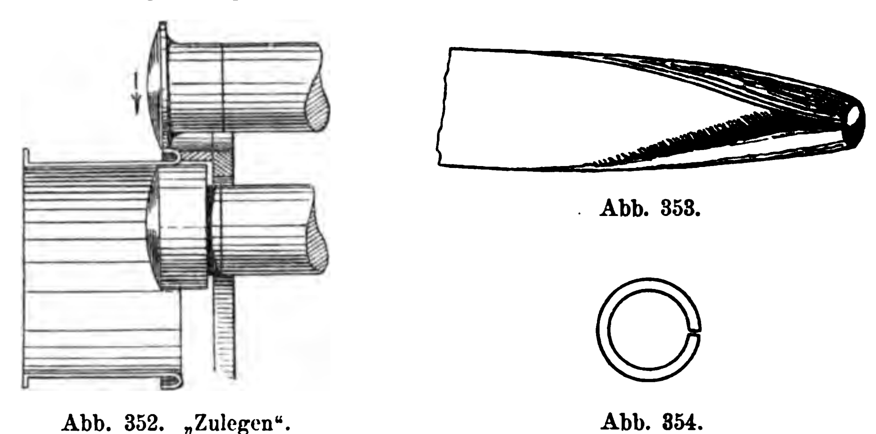


Abb. 352. „Zulegen“.

Abb. 353.

Abb. 354.

dies geschehen, so kommt das Stück neuerlich in den Glühofen und wird dann in seiner Längenrichtung zwischen glatten Walzen gestreckt, wodurch die *O*-Form der Enden in die Kreisform übergeht und die Kollare auf die gewünschte Länge gebracht ist.

Röhrenwalzen. Die einfachste Methode des Röhrenwalzens findet zur Erzeugung der gewöhnlichen Leuchtgasröhren Anwendung, welche aus einem entsprechend breiten Flacheisen (Bandeisen) mit stumpfer Schweißung hergestellt werden. Zuerst wird der glühende Streifen eingerollt, d. h. in die Form Abb. 353 dadurch gebracht, daß man ihn zunächst durch Handarbeit an einem Ende röhrenartig biegt und dann durch ein trichterförmiges Eisen mittels der im nächsten Abschnitt zu besprechenden Schleppzangenziehbank zieht. Die so vorbereiteten eingerollten Flachschienen werden im Schweißofen erhitzt und hierauf bei dem Durchgange durch Walzen mit Rundkalibern geschweißt, wenn man die Schweißung nicht ebenfalls durch rasches Ziehen erzielt.

Eine zweite Gattung von Röhren, welche vollkommenere Schweißung durch Überlappung aufweisen und gewöhnlich als Siederohre für Lokomotivkessel Anwendung finden, wird aus entsprechend breiten 3 *mm* dicken Flachschienen hergestellt, deren Ränder auf einer speziell eingerichteten Hobel-

maschine schräg abgehobelt werden. Die Einrollung erfolgt wie bei den Gasröhren durch Ziehen, wodurch das Rohr nach Abb. 355 für die Schweißung vorbereitet ist. Nach entsprechender Erhitzung im Schweißofen findet die Schweißung durch Walzen statt, und zwar über einen Dorn, worauf wir im nächsten Abschnitte (S. 333) zurückkommen.

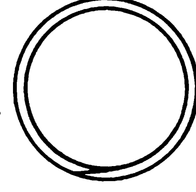


Abb. 355.

Sowohl die Gasröhren als die Sideröhren werden auf einer sogenannten Röhrenprobiermaschine auf die Schweißung geprüft. Das Rohr wird so eingespannt, daß die beiden Endflächen an Dichtungen fest anliegen und luftdicht abgeschlossen sind. Durch den einen Dichtungsring führt ein Röhrchen, durch welches man Druckwasser bestimmter Spannung zuführt. Nachdem die Luft aus dem Rohre verdrängt und die Dichtung durch festeres Anziehen einer Schraube vollkommen hergestellt ist, gibt man jenen Druck, auf welchen das Rohr geprüft werden soll. Natürlich liegt dieser Druck bei den Gasröhren viel niedriger als bei den Sideröhren.

Das Röhrenwalzen beschränkt sich bei beiden erwähnten Rohrgattungen eigentlich auf das Schweißen; das Einrollen, die Bildung der Rohrform erfolgt durch Ziehen. Ein eigentliches Rohrbilden aus dem vollen Block durch Walzen findet hingegen bei dem Mannesmannverfahren statt.

Das Röhrenwalzen nach Mannesmann.

Aus einem vollen, hellglühenden zylindrischen Block wird durch das Mannesmannverfahren ein Rohr durch den Reibungszug der Walzen gebildet.

Mannesmann nennt dieses erste Walzwerk, welches die rohen Rohre liefert, Blockwalzwerk und die Operation selbst „Blocken“.

Das Blockwalzwerk besteht aus einer Leitung für den zugeführten Block, welcher sich in heller Glühhitze befindet, aus zwei Streck- und einer Führungswalze, einer Führungsschiene, respektive Sicherung gegen das Durchfallen des Blockes, endlich einem Gegendorne mit Stange und Bock. Die hauptsächlich arbeitenden Werkzeuge sind die beiden Streckwalzen, welche gegeneinander etwas windschief liegen. In den beiden schematischen Abbildungen 356 und 357[1]) stellen *a* und *b* die Streckwalzen, *o* die Führungswalze, *s* die Sicherungsschiene vor.

Die in der Richtung der Pfeile mit großer Geschwindigkeit rotierenden Walzen *a* und *b* erteilen auch dem Blocke eine rotierende Bewegung, sie fassen das glühende Stück und zwängen die oberen Schichten vermöge der windschiefen Stellung, beziehungsweise der schrägen Lage der berührenden Kreise, deren Durchmesser überdies allmählich zunimmt, in der Richtung des Durchganges, sie sind die eigentlichen Arbeitswalzen, während die Walze *o* nur mithilft, indem sie den Block verhindert, gegen oben auszuweichen.

[1]) Aus meiner Abhandlung über das Mannesmannröhrenwalzen. Technische Blätter, Jahrgang 1892.

Die Dehnung am Umfange des Blockes, kann nur auf Kosten des weichen Kernes erfolgen, von welchem die Materialteilchen gegen außen gezogen werden.

Dort, wo das Walzstück der Einwirkung der Arbeitswalzen *a*, *b* ausgesetzt ist, steht dem sich bildenden Rohre ein Dorn entgegen, dessen Spitze

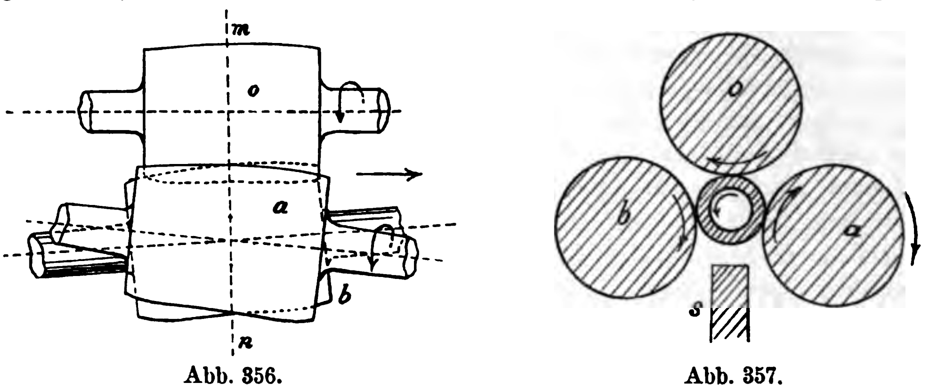


Abb. 356. Abb. 357.

durch eine an der Stirnseite des Blockes angebrachte Vertiefung sofort seine Einstellung erhält. Dieser Dorn befördert die Rohrbildung und kneten die Walzen *ab* das Material gleichsam über denselben hinüber.

Da die Achsenlage der beiden Arbeitswalzen *a* und *b* nicht viel von der horizontalen abweicht, so ist die Vorschubgeschwindigkeit im Verhältnisse zur Rotationsgeschwindigkeit gering, das Walzstück rotiert sehr rasch und tritt langsam über dem Dorne, welcher mit rotiert, als Rohr aus den Walzen.

Indem sich das gebildete Rohr über den Dorn zwängt, sucht es ihn zurückzudrücken, daher muß der Dorn gestützt sein. Diese Stützung erfolgt dadurch, daß der Dorn drehbar an dem Ende einer Stange *s* (eines Rohres) sitzt, welche mit ihrem andern Ende in den drehbaren Kopf eines Bockes eingesetzt ist. Auf die Stange sind Muffe *m* geschoben, welche ihr Durchbiegen hindern, denn sie führen sich selbst wieder in einem kräftigen, zwischen Walzengerüst und Bock festgestellten Rohre.

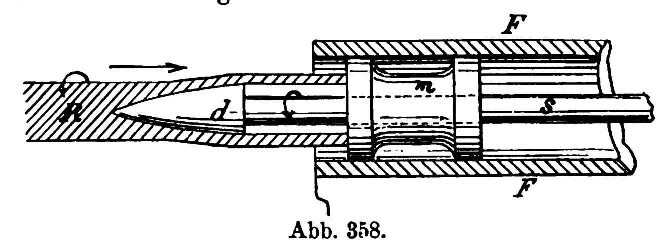


Abb. 358.

Abb. 358 zeigt diese Anordnung. *d* ist der Dorn, *R* der im Walzen begriffene Block, *s* die den Dorn tragende hohle Stange, *m* der auf sie aufgeschobene Muff, *F* das Führungsrohr des Muffes.

Das gebildete Rohr schiebt den Muff vor sich her. Der Abstand des Bockes vom Walzgerüst ist entsprechend der Rohrlänge, welche erzeugt

werden soll, veränderlich. Diesem Abstande entsprechend wird auch die Länge der Stange *s* und des Führungsrohres *F* gewählt. Der Bock ist mit einem sehr massiven Drehbügel versehen, in welchem sich die drehbare, bei der Arbeit rotierende Büchse befindet; in diese wird das viereckige Stangenende eingesteckt, das eine Stütze in Bügel und Bock findet.

Nach jedem Walzvorgange wird der Bügel zur Seite gedreht, dadurch das Stangenende frei und es kann das gebildete Rohr über die Stange durch das fixe Bockgerüst abgezogen werden.

Bei meiner Anwesenheit im Komotauer Röhrenwalzwerke wurden sehr dickwandige, kurze Rohre von etwas über 1 *m* Länge hergestellt; die Vermehrung des Durchmessers des Blockes mag von 100 auf 130 *mm*, die Längenvergrößerung auf das $1^3/_4$ fache erfolgt sein. Bei dem ersten Durchgange wurde das Rohr in roher Form erhalten, beim zweiten Durchgange bei etwas veränderter Walzenstellung gut gerade gerichtet. Der Walzvorgang wirkt wohl auf jeden Fachmann, welcher zum ersten Male Gelegenheit hat denselben zu sehen, geradezu verblüffend.[1])

Ist im Block ein größerer Fehler, so reißt das sich bildende Rohr auf und gibt Ausschuß. Es kann daher das Mannesmann'sche Walzverfahren als eine außerordentlich intensive Qualitätsprobe bezeichnet werden und gibt ein Mannesmannrohr schon an sich eine größere Garantie für gute, zähe Materialbeschaffenheit als irgendein nach anderer Methode hergestelltes Rohr.

Außer dem Blocken findet auch das Erweitern mittels eines besonderen Walzwerkes, des Erweiterungswalzwerkes, statt, wobei Rohre von zirka 200 *mm* Durchmesser auf etwa 300 *mm* bei einem Durchgange gebracht wurden. Auch bei dem Erweiterungswalzwerke ist ein Dorn in Verwendung, ebenso gestützt, wie dies beim Blockwalzwerke besprochen wurde; desgleichen eine Führung für das hellglühend eintretende Rohr.

Das Erweiterungswalzwerk kann im Prinzipe durch Abb. 359 gekennzeichnet werden (s. Reuleaux, Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure, 34. Bd. S. 621).

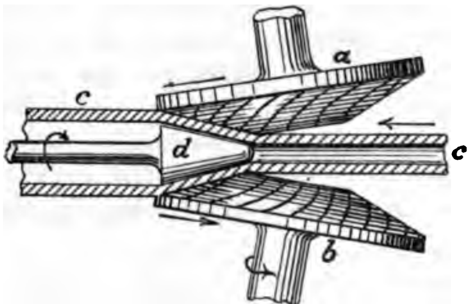


Abb. 359. Erweiterungswalzwerk.

Die beiden Scheiben *a*, *b*, Abb. 359, bewegen sich gleich schnell, die Pfeile deuten die Bewegungsrichtungen an, das Walzstück *c* und der Dorn *d*

[1]) Siehe Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1888 und Verhandlungen des Vereines für Gewerbefleiß in Preußen, 1900, S. 374.

rotieren gemeinsam, während sich das Rohr erweitert und mit dem erweiterten Teile den die Dornstange stützenden Muff vor sich herschiebt, ähnlich wie dies beim Blockwalzwerk beschrieben wurde. Führungen verhindern das Ausweichen des Stückes.

Auch hier können an den Walzenkegeln Treibwülste angebracht sein und soll die Anordnung, im umgekehrten Sinne ausgeführt, auch als Verengerungswalzwerk zur Anwendung gelangen können.

Durch das Erweiterungswalzwerk werden Rohre bis zu bedeutenden Durchmessern hergestellt; indessen verlangt eine exakte Formgebung doch noch nachfolgendes Ziehen auf Ziehbänken.

Da sich das Verhältnis zwischen dem Dorne und den konischen Scheiben durch Benützung anderer, z. B. kürzerer oder längerer Dorne innerhalb gewisser Grenzen ändern läßt, so kann eine innerhalb gewisser Grenzen verschiedene Erweiterung erzielt werden, ohne daß deshalb andere Scheiben (Walzen) in Verwendung kommen müßten. Ein kürzerer Dorn wird eine geringere Erweiterung geben. Der Abstand zwischen Dorn- und Scheibenoberfläche muß entsprechend der Erweiterung des Rohres abnehmen.

Das Ziehen der Rohre erfolgt im wesentlichen nach dem gewöhnlichen Verfahren auf Ziehbänken, welche wir später besprechen, und zwar bei den größeren vom Erweiterungswalzwerk kommenden Röhren im glühenden Zustande. Aus dem Rohrende werden spitz zulaufende Ausschnitte (Zwickel) entfernt, dasselbe zugeklopft, dadurch verjüngt, das kolbige Ende des Zugbolzens wird sodann in das verjüngte Rohrende gesetzt, dasselbe fest an den Zugbolzen angeschlagen und darüber ein Ring getrieben.

Interessant sind die von Prof. v. Arzberger mit kurzen massiven Tonzylindern durchgeführten Versuche der Rohrbildung. Wird auf einem glatten Brette ein Zylinder aus plastischem, nicht zu weichem Tone von etwa 20 *mm* Durchmesser und Länge durch die Verschiebung eines zweiten parallel gehaltenen, auf den Zylinder gelegten Brettchens gerollt und hierbei auf etwa 10 *mm* gebracht, so ziehen sich die ebenen Endflächen konisch oder trichterartig ein und oft so weit, daß die Trichter ineinander übergehen und sich so eine kleine Tonröhre bildet. Bei wiederholter Vornahme der Arzberger'schen Versuche fand ich, daß die Rohrbildung lediglich eine Folge der am Umfange wirkenden Kräfte ist und bei sehr geringen Geschwindigkeiten erfolgt, die Fliehkraft daher an der Rohrbildung nicht teilnimmt.

Über die Bildung von Röhren aus einem vollen Block vergleiche auch das S. 341 über das Ehrhardt'sche Preßverfahren Gesagte.

4. ABSCHNITT.

Das Ziehen.

Die Operation des Ziehens unterscheidet sich hinsichtlich der Einwirkung des wirkenden Werkzeuges, des Zieheisens, auf das zu ziehende Stück ganz wesentlich vom Walzen, obwohl der Zweck des Ziehens gleichfalls in der Vermehrung der Länge, der Abnahme des Querschnittes und auch oft der Umwandlung der Querschnittsform besteht.

Beim Ziehen wird ein Metallstab, dessen Ende verjüngt angearbeitet ist, durch ein konisch ausgebildetes, poliertes Loch gesteckt, dessen kleinster Querschnitt geringere Abmessungen aufweist als der Stabquerschnitt. Wird nun das konische Stabende durch eine Zange gefaßt und gezogen, so wird ein Hindurchziehen des Stabes durch das Loch des Zieheisens dann eintreten, wenn die Zugfestigkeit des erfaßten Endes größer ist als der Widerstand, welchen der Draht in der Zugrichtung der Formveränderung entgegensetzt.

Beim Ziehen reiben sich die Oberflächenteilchen des Stabes an der Wand des Zieheisenloches und bleiben gegen die Teilchen, welche an der Stabachse liegen, zurück, die Schichtenverschiebung erfolgt in entgegengesetztem Sinne als beim Walzen, statt von einem Reibungszuge haben wir hier von einem Reibungswiderstande zu sprechen.

Während bei dem Walzen die Streckung eine Folge des Höhendruckes ist und die Querschnittsabnahme (vom Wenden des Walzstückes und von Walzwerken, welche mit drei unter je 60° zu einander geneigten Scheiben arbeiten, abgesehen) nur eine Folge der Höhenabnahme ist, ist beim Ziehen die Streckung eine Folge des auf den ganzen Querschnitt sich erstreckenden Druckes der Lochwand und kann daher die Querschnittsabnahme eine allseitige sein. Man ist demnach in der Formgebung viel freier. Hingegen ist es beim Ziehen nie möglich, bei einem Durchzug eine so bedeutende Reduktion des Querschnittes zu erzielen, als dies beim Walzen möglich ist,

Das Ziehen läßt sich verwenden, um Drähte verschiedensten Querschnittes herzustellen, Blechstreifen in der mannigfachsten Weise zu profilieren, endlich Röhren von kreisförmigen und willkürlich anderen Querschnitten zu erzeugen.

Die Gestaltänderung soll beim Ziehen nur durch Fluß des Materials erfolgen, daher sind an den Zieheisen, spezielle später zu erwähnende Fälle ausgenommen, schabend wirkende Kanten zu vermeiden. Die in nachstehender Abbildung 360 *a*, *b*, *c* gezeichneten Ziehlochformen sind deshalb fehlerhaft,

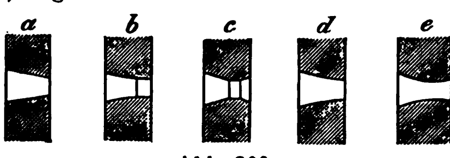


Abb. 360.

hingegen ist die Form *e* richtig, weil bei ihr mit dem zu ziehenden Drahte lediglich die polierte krumme Fläche und keinerlei Kante in Berührung

tritt und weil die engste Stelle eine gewisse Längenerstreckung besitzt, daher die Gefahr baldigster Ausreibung des Ziehloches nicht so sehr vorhanden ist. In dieser Richtung ist auch die Form *d* als fehlerhaft zu bezeichnen. Die Herstellung guter Zieheisen ist sehr schwierig.

Als Zieheisenmaterial wählt man für die dicken und mittelfeinen Drähte Stahl, für die Feindrähte aber Diamant (Karbon), weil sich ein solches „Steinloch" nicht abnützt und man unbegrenzte Längen ganz gleich dicken Drahtes damit ziehen kann, was für die Fabrikation von Metalltuch (feinen Drahtsieben) ein Bedürfnis ist.

Für mittelfeine Drähte verwendet man zuweilen ungehärtete Zieheisen, welche man durch vorsichtiges Klopfen am Umfange des Ziehloches wieder auf das richtige Maß zurückführen kann. Der verwendete Hammer endet in eine kleine kugelige Bahn und wird längs eines stählernen Fingerhutes niederbewegt, welchen der Arbeiter an den Daumen der linken Hand steckt, mit der er das Zieheisen auf einen kleinen konvexen Amboß auflegt.

Um der Abnützung der Ziehlochwandungen möglichst zu steuern und den Widerstand zu vermindern, wird der Draht vor dem Eintritte in das Zieheisen geschmiert. Man verwendet hierzu Talg, Öl, Wachs und verschiedene Flüssigkeiten, als Seifenlösung, Dextrinlösung u. dgl.

Durch oftmaliges Ziehen wird die absolute Festigkeit des Drahtes ungemein erhöht, indem die Textur eine ausgezeichnet faserige und dichte wird; in demselben Maße aber verliert der Draht (mit Ausnahme der weichen Metalle) an Dehnbarkeit, zieht sich, wie man sich ausdrückt, hart, daher solcher Draht „hartgezogener Draht" genannt wird. Um weiter verzogen werden zu können, muß der hartgezogene Draht ausgeglüht werden. Der Draht verliert zwar dabei einen Teil der erlangten Festigkeit, doch behält ein schon mehreremale gezogener Draht immer noch eine höhere absolute Festigkeit als ein gleich dickes, gegossenes oder geschmiedetes Stäbchen desselben Materials.

Folgende Tabelle, die Karmarsch angegeben hat, zeigt den Einfluß des Glühens auf die betreffenden Metalle. Dividiert man in dieser Tabelle die Zahlen für absolute Festigkeit durch jene des Ziehungswiderstandes, so erhält man, da die Ziehbarkeit der absoluten Festigkeit direkt, dem Ziehungswiderstande aber indirekt proportional ist, einen Quotienten, welcher die Ziehbarkeit ausdrückt.

Die Versuche für alle Drähte unter denselben Umständen durchgeführt	Ziehungswiderstand in *kg*		Absolute Festigkeit in *kg*		Ziehbarkeit	
	hartgezogen	geglüht	hartgezogen	geglüht	hartgezogen	geglüht
Eisen	11·5	5·5	30	22·5	2·6	4·1
Stahl	13	8·5	48·8	33·5	3·7	4
Messing	10	6	25·5	18	2·5	3
Kupfer	7·5	5	19	12	2·5	2·4

Man sieht, wie bedeutend die Ziehbarkeit des Eisens durch das Ausglühen abgeändert wird, während reines Kupfer in dieser Beziehung beinahe unver-

ändert bleibt. Ein gleiches Verhalten zeigen auch feines Silber und Gold, legiert aber ziehen sie sich hart und müssen gleichfalls öfters geglüht werden.

Bis zu welcher äußersten Grenze man mit der Abstufung zweier aufeinander folgender Ziehlöcher gehen kann, ist nicht bestimmt worden, da es, um die Arbeit nicht zu häufig zu unterbrechen, notwendig erscheint, von dieser Grenze weit entfernt zu bleiben. Eine häufig angewandte Regel ist, das Durchmesserverhältnis zweier aufeinander folgender Ziehlöcher im Mittel wie 1 : 0·9 zu machen, und zwar für gröbere Nummern eher geringer, während man für feinere, der erlangten größeren Zugfestigkeit wegen, häufiger eine stärkere Verjüngung wählt.

Um die sukzessive zur Wirkung kommenden Ziehlöcher richtig zu wählen, hat man mehrere Methoden. Man mißt entweder mittels eines schlank keilförmigen Blechstreifens das Loch selbst oder mittels der Drahtlehre (s. S. 146) ein zur Probe hindurchgezogenes Stück oder man schließt aus der Verlängerung eines vorher gemessenen Drahtstückes auf dessen Verjüngung.

Dem Drahtziehen geht die Fabrikation der sogenannten Drahtstäbe voran, d. i. die Umwandlung des betreffenden Materials in ziehbare Stücke.

Bei der Fabrikation von Eisendraht liefert das Schnellwalzwerk schon Drähte von zirka 5 *mm* Durchmesser; bei der Erzeugung von Kupfer-, Messing- und Silberdrähten wird meist ein gegossener Stab auf etwa 15 bis 20 *mm* Durchmesser durch walzen gebracht und hierauf verzogen, oder man bedient sich des sogenannten Schneidwerkes, mittels dessen man gewalzte, etwa 10 *mm* dicke Platten in eine Reihe von Stäben zerschneidet, welche nahezu quadratischen Querschnitt aufweisen.

Das Schneidwerk (veraltet) besteht aus zwei Walzen, welche aus einer Aneinanderreihung größerer Stahl- und kleinerer Eisenscheiben bestehen, welche regelmäßig miteinander wechseln. Die kleineren Scheiben sind etwas weniges dicker als die größeren. Die größeren Scheiben der einen Walze stehen den kleineren der andern entgegen, so daß man durch entsprechende Näherstellung der Achsen das Ineinandergreifen der Scheiben beider Walzen bewirken kann.

Führt man dem Schneidwerke eine Platte zu, so zieht es dieselbe ein und zerschneidet sie in Streifen, deren Breite der Scheibendicke entspricht. Die größeren Scheiben lassen sich mit Walzenringen, ihre Zwischenräume mit den Kalibern vergleichen.

Die durch das Schneidwerk hergestellten Drahtstäbe sind wegen ihres verdrückt quadratischen Querschnittes nicht wohl geeignet reine, im Querschnitte kreisförmige Drähte zu liefern, weil die durch das Schneiden aufgeworfenen Kanten leicht zur Bildung von Materialfäden Anlaß geben, den sogenannten Dopplungen, welche sich beim Gebrauche des Drahtes oft ablösen, jedenfalls denselben unrein erscheinen lassen.

Als mechanische Vorrichtungen zum Drahtziehen sind zu nennen: die Stoßzangenziehbank, die Schleppzangenziehbank, die Leierwerke und die Feindrahtziehmaschinen.

Die Stoßzangenziehbank hat nur geschichtliches Interesse. Sie wirkt durch eine Zange, deren aufgebogenes Maul (—⌊___—) den Draht beim Zieheisen faßt und in einer Länge von 0·6 bis 1·5 *m*, entsprechend dem Hube der Zange zieht. Hierauf findet die Rückbewegung der Zange statt, wobei sie sich infolge der Wirkung der gelenkig mit den Zangen-

schenkeln verbundenen Glieder, Abb. 361, selbsttätig öffnet, zum Zieheisen zurückkehrt, dort infolge des neuerlichen Richtungswechsels wieder schließt, den Draht faßt und wieder zieht usw. Bei dieser Einrichtung entstehen durch die Wirkung des Zangenmaules Eindrücke (Bisse) im Drahte, welche bei weiterem Ziehen zu Dopplungen und unreinen Stellen Anlaß geben.

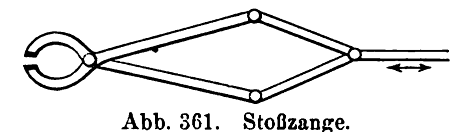


Abb. 361. Stoßzange.

Die Zangen der Schleppzangenziehbänke fassen die Drahtstange nur an ihrem verjüngten Ende und sie werden geradlinig so lange hingeführt, als es die Länge der zu ziehenden Stange erfordert; die Schleppzangenziehbänke benötigen daher ein langes Gestell, an dessen einem Ende in einer festen Stütze das Zieheisen z, Abb. 362, am anderen Ende aber ein Zahnradvorgelege R, r angebracht ist.

Die Achse des Rades r trägt eine Kurbel, jene von R eine Windetrommel, auf der sich das Zugseil s (Riemen, Kette), aufwickeln kann. Da-

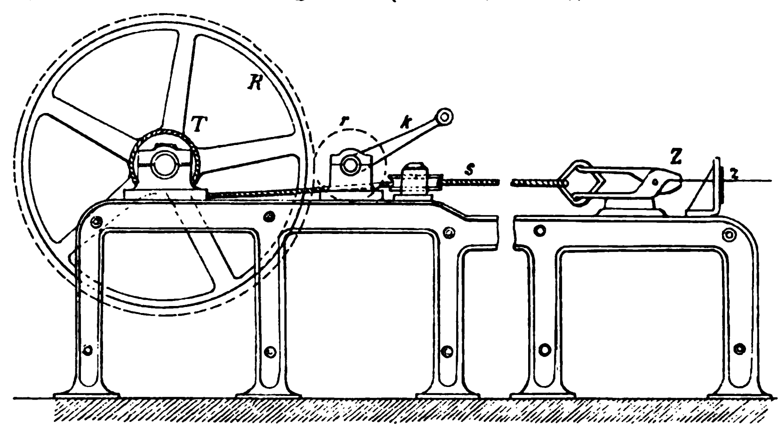


Abb. 362. Schleppzangen-Ziehbank.

mit der Zug des Seiles immer genau normal auf die Ebene des Zieheisens erfolgt, sind zwei Führungsrollen angebracht, die das Seil umschließen und in der richtigen Mittellage erhalten. An dem Ende des Seiles ist ein einseitig in einen spitzen Winkel übergehender Ring befestigt, der zugleich auch durch die öhrartig durchbrochenen Schenkel der Zange Z geht, und so beim Zuge das feste Schließen der Zange erzwingt. Um keine bedeutende vertikale Einsenkung der Zuglinie durch das Gewicht der Zange zu erhalten, läßt man diese auf einem Schlitten oder Wagen aufruhen.

Sehr häufig findet mechanischer Antrieb statt und wird eine großgliedrige endlose Kette angewendet, welche über zwei in gleicher Höhe angeordnete Kettenräder geführt ist. In den oberen Kettenstrang wird dann ein Haken eingeklinkt, welcher in den Zugring übergeht. Die Arbeit beginnt mit dem Zuspitzen der zu ziehenden Stange, deren verjüngtes Ende durch

das Zieheisen geschoben wird. Die Zange wird von Hand aus zum Einbeißen in das Drahtende gebracht und hierauf durch die Zugvorrichtung, welche den kräftigen Schluß der Zange bewirkt, vom Zieheisen weggezogen.

Auf diesen oft sehr langen Bänken wird Kupfer-, Messing-, Bronze-, Silberdraht bis zu etwa 6 bis 10 *mm* gezogen. Für den weiteren Verzug bis zur Feinheit von etwa $^1/_2$ bis 1 *mm* werden die Leierwerke verwendet.

Die Leierwerke, Drahtleiern oder Leierbänke fassen wohl auch das verjüngte Drahtende mit einer Zange, es geschieht dies aber nur beim Beginn des Ziehens, später wirkt der Zug einer Trommel, auf welche sich der Draht aufwickelt. Abb. 363 zeigt ein Leierwerk.

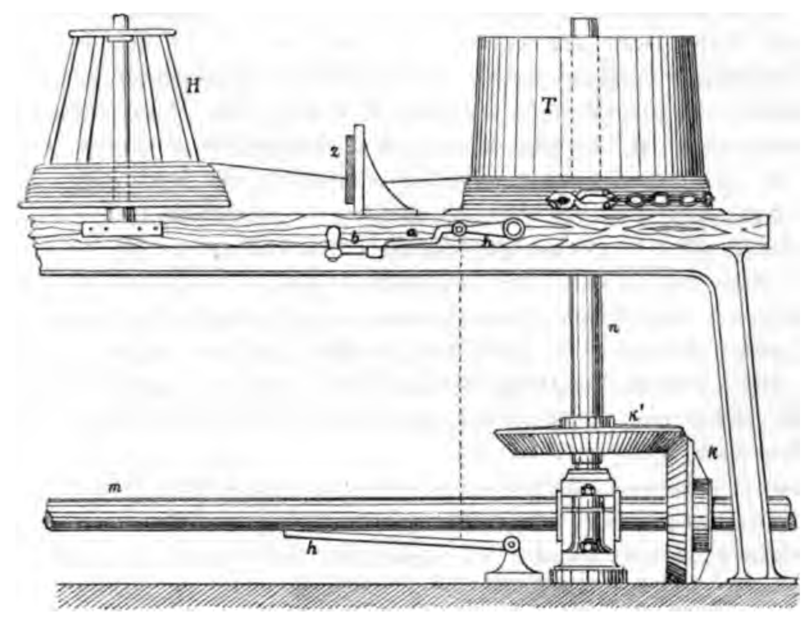


Abb. 363. Leierwerk.

Die Trommel *T* wird von der Transmissionswelle *m* durch die Kegelräder *k*, *k'* angetrieben. Da die Arbeit aber zeitweilig unterbrochen werden muß, die Transmission, welche mehrere Trommeln antreibt, aber beständig läuft, so ist durch eine Kupplung, die durch den Fußtritt *h* und Hebel *h'* gestellt werden kann, das Ausrücken der Windetrommel ermöglicht. An der Achse des Hebels (*h'*) ist (hier nicht sichtbar) ein zweiter gabelförmiger Arm aufgekeilt, der den mit der Trommel verbundenen Teil der Kupplung umgreift und beim Niedertreten von *h* außer Eingriff bringt. Für einen längeren Stillstand kann durch den Sperriegel *b* die Kupplung in der ausgerückten, die Trommel somit in der nicht angetriebenen Lage erhalten werden. Zu erwähnen ist noch, daß, um den Draht direkt beim Zieheisen ergreifen und mit der Windetrommel in Verbindung setzen zu können, an letzterer eine Kette befestigt ist, deren Ende eine Zange trägt, die sich von der in Abb. 361 gezeichneten Stoßzange nur durch kleinere Dimension und einfaches flaches

Maul unterscheidet. Hat der Arbeiter das Drahtende zugespitzt und durch das Ziehloch geschoben, so führt er die Zange zu dieser Spitze, hält sie hier fest und läßt die Trommel sinken. Dadurch wird sie sofort in Gang gesetzt, die Zange durch den Zug kräftig geschlossen, das Drahtziehen eingeleitet. Die schwach konische Form der Trommel ermöglicht es, den aufgewickelten Draht leicht abzustreifen. Zu bemerken wäre noch, daß das Ziehloch im Niveau des Auflaufpunktes liegen soll und daß die Zange nur anfänglich zu wirken braucht. Sobald eine Drahtwindung auf der Trommel aufgewickelt ist, kann man das Drahtende aus der Zange nehmen und je nach der Einrichtung der Trommel das rechtwinklig umgebogene Drahtende entweder in ein Loch oder in einen vertikalen Schlitz der Trommel einlegen. In letzterem Falle kann die Auflaufstelle des Drahtes unverändert an der unteren Seite der Trommel bleiben und die früheren Drahtwindungen schieben sich gegen aufwärts. Zum Verziehen von 5 auf 1 *mm* Durchmesser ist die Anwendung von 12 Ziehlöchern und meist dreimaliges Ausglühen nötig.

Für den praktischen Drahtziehereibetrieb ist auch die Zuggeschwindigkeit von Wichtigkeit. Indem es wünschenswert ist, dieselbe produktionshalber möglichst zu steigern, anderseits aber die Verschiebung der Moleküle eine gewisse Zeit verlangt, so muß eine gewisse mittlere Geschwindigkeit eingehalten werden. Eisen- und Messingdraht von zirka 6 *mm* kann zweckmäßig mit 0·25 bis 0·30 *m*, solcher von 2 *mm* Dicke mit 0·75 bis 0·90 *m* und 1 *mm* starker Draht mit 1·25 bis 1·5 *m* Geschwindigkeit verzogen werden. Bei feinen Silber- und Kupferdrähten kann diese Geschwindigkeit noch bedeutend gesteigert werden.

Die Feindrahtziehmaschinen[1]) haben keine Zange als Bestandteil der Maschine in Verwendung. Das zugespitzte Drahtende wird durch das Zieheisen oder weit besser durch das „Steinloch“ (s. S. 326) gesteckt und zunächst von Hand aus mittels einer Flachzange so lange durchgezogen, bis die Befestigung an einer rotierenden Spule möglich wird. Das Zieheisen erhält in einer Führung eine geradlinige Verschiebung entsprechend der Spulenlänge, wodurch die regelmäßige Aufwicklung erfolgt.

Man wendet auch Feindrahtziehmaschinen an, bei welchen der Draht hintereinander mehrere Zieheisen (Steinlöcher) passiert. Eine dieser Konstruktionen hat folgende Anordnung. Der zu ziehende Draht kommt von einer Spule, geht über eine Führungsrolle durch das Steinloch zur ersten, kleinsten Stufe einer längeren Stufenscheibe, um diese zirka $1^1/_2$mal herum, über Führungsrollen zum zweiten Zieheisen und durch dieses zur zweiten Scheibenstufe, welche er wieder $1^1/_2$mal umschlingt, über Führungsrollen zum dritten Steinloch usw., um endlich aufgewickelt zu werden. Die Abstufungen der Stufenscheibe haben entsprechend langsam wachsenden Durchmesser, ihre Zahl beträgt vier bis sechs, da der Draht dann wieder geglüht werden muß.

[1]) Feindrahtziehmaschinen liefert Joh. Wilh. Spaeth, Maschinenfabrik in Dutzendteich bei Nürnberg.

Das gleichmäßige Ausglühen des hartgezogenen Drahtes ist von besonderer Wichtigkeit und soll in eigenen Flammöfen erfolgen, in welche der Draht nicht unmittelbar, sondern in zylindrischen Töpfen mit Lehmverschluß eingesetzt wird. Das folgende Scheuern geschieht bei Eisendraht mit Flußsand in Scheuertrommeln oder auf den sogenannten Polterbänken, welche aus einer Reihe horizontaler hölzerner Hebel bestehen, die von den Daumen einer Welle abwechselnd gehoben und fallen gelassen werden. Die Drahtringe werden auf die Enden der Hebel aufgeschoben, wo sie durch einen vertikal eingesteckten Eisenstab vor dem Abrutschen bewahrt werden. Durch das Aufeinanderschlagen der Drähte beim Herabfallen der Hebel wird der Glühspan gelockert, abgestoßen und durch unterhalb fließendes Wasser entfernt.

Beim Ziehen wird für gröbere Eisendrähte vor das Zieheisen Talg oder eine Mischung von Talg und Rüböl geschmiert (trockenes Ziehen) oder der Draht in eine schwache Kupfervitriollösung eingelegt, worin er dünn verkupfert wird. Diese feine Kupferhülle mindert die Reibung im Ziehloch bedeutend und gibt dem Drahte gleichzeitig ein besseres Aussehen.

Sehr feine Eisendrähte werden naß verzogen (nasses Ziehen), d. h. die Drahtringe werden in ein Gefäß mit sauerer Bierhefe, auf welcher eine Schicht Baumöl schwimmt, gelegt und ohne weitere Schmiere verzogen.

Der im Handel vorkommende Eisendraht in Ringen zu $2^1/_2$, 5 bis 15 *kg* ist meist blank, da er nach dem letzten Ziehen nicht mehr geglüht wird; nur der zur Fabrikation künstlicher Blumen benützte Blumendraht kommt schwarz in den Handel.

Stahldraht erheischt besonders beim Glühen (wegen des leichten Verbrennens) die größte Sorgfalt. Der sogenannte Triebstahl der Uhrmacher, dessen Querschnitt der Form eines Zahnrädchens entspricht, wird aus rundem Drahte in der Weise erzeugt, daß die Spitzen einer (der Zähnezahl entsprechenden) Anzahl von Messern in das runde Ziehloch, durch das der Draht gezogen wird, hineinragen. Diese Messer sind durch Schrauben fein verstellbar, und es ist dadurch ermöglicht, die Längsfurchen nach und nach zu erzeugen. Um diesem Draht die vollendete Gestalt zu geben, wird er durch ein auf gewöhnliche Weise gebildetes Ziehloch, das sehr genau den richtigen Querschnitt enthält, hindurchgezogen.

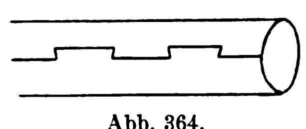
Interessant ist die Erzeugung der außerordentlich feinen, mit freiem Auge kaum mehr sichtbaren Platindrähte von Wollastone. Ein auf gewöhnlichem Wege gezogener feiner Platindraht wird zentrisch in einer zylindrischen Gußform mit Silber umgossen. Das so erhaltene Silberstäbchen wird zu Feindraht verzogen und schließlich in Salpetersäure die Silberhülle gelöst, so daß der außerordentlich dünne Platinkern zurückbleibt.

Auf ähnliche Weise mögen Chaudoir's Stehbolzenstangen mit zentrischer Höhlung hergestellt sein; es dürfte in ein dickwandig gegossenes Kupferrohr eine leichtschmelzbare Legierung eingegossen werden, welche nach Beendigung des Ziehens durch Ausschmelzen entfernt wird.

Das Ziehen von Röhren.

Das Röhrenziehen erfolgt mit Anwendung langer und kurzer Dorne; bei Anwendung der ersteren auf vertikalen, bei Anwendung der letzteren auf horizontalen Ziehbänken.

Die langen Dorne sind polierte Stahlstangen, an deren oberem Ende ein Zugring eingeschraubt ist, welcher mit der vertikal laufenden Zugkette verbunden wird. Das zu ziehende Rohr ist aus Blech, durch Biegevorrichtungen oder auch durch Handarbeit gebogen und durch Hartlöten geschlossen. Zur besseren Verbindung der Ränder können schwalbenschwanzartige Zinken, Abb. 364, verwendet werden, welche an sich gut passend auszuführen und exakt zu verlöten sind. Das gelötete Rohr muß sich auf den langen Dorn aufschieben lassen und wird am oberen Ende desselben über den Dornrand gebogen.


Abb. 364.

Das Röhrenziehen mit langem Dorne, welcher mit dem Rohre durch das Zieheisen gezogen wird, ist das älteste Verfahren des Röhrenziehens und wenn es noch angewendet wird, so geschieht es nur zur Herstellung sehr dünnwandiger, genauer Rohre für optische Instrumente. Wollte man nach diesem Verfahren ein gegossenes Messingrohr verziehen, so müßte dasselbe innen und außen exakt ausgebohrt und abgedreht sein.

Das Ziehen über kurzem Dorne erfolgt mit Hilfe der Schleppzangenziehbänke. Man geht bei Erzeugung von Messing-, Kupfer-, Bronze-, Argentan-, Aluminiumrohren von einem gegossenen Rohre aus, bei der Erzeugung eiserner Rohre von einem gewalzten Bandeisen, welches man durch Ziehen zum Rohre biegt, hierauf schweißheiß macht und durch Ziehen oder Walzen schweißt.

Die Siederohre für Lokomotiven werden, obwohl die eisernen Siederohre billiger sind, häufig noch aus Messing hergestellt, weil sie neben etwas besserer Wärmeleitung den wesentlichen Vorteil bieten, als Altmaterial noch Wert zu besitzen, während die eisernen Rohre dann wertlos sind.

Wird von einem gegossenen Rohre ausgegangen, so muß dasselbe ein verjüngtes Ende besitzen, mit welchem die Zugvorrichtung (Schleppzange) verbunden werden kann. Die nachstehenden Skizzen (Abb. 365 I und II) deuten zwei Arten gebräuchlicher Zugbolzen an. Denselben angepaßt ist dann jenes Stück, welches an Stelle der Schleppzange tritt und mit der Zugkette verbunden wird.

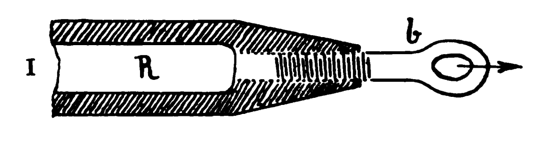
Der kurze Dorn wird von der offenen Seite des Rohres in dasselbe eingeführt und er ist mit einer Stange verbunden, welche während des Ziehens festgehalten (eingehängt) wird, so daß das Rohr über den Dorn hinweg gezogen wird. Damit der Dorn seinen Zweck, die Innenfläche des Rohres korrekt auszubilden, erfüllt, muß er während des Ziehens im Zieheisen stehen, wie dies Abb. 366 andeutet.

Beim Röhrenziehen tritt das Hartziehen ebenso ein, wie beim Drahtziehen und müssen die Rohre in entsprechenden Glühöfen ausgeglüht werden.

Die Dorne sind polierter Stahl oder Hartguß, die Zieheisen Stahl und im Ziehloche poliert.

Will man durch Ziehen über kurzen Dorn völlig exakte Rohre herstellen, dann ist es nötig, das roh gegossene Rohr exakt durch Ausbohren und Abdrehen zu appretieren.

Beim Ziehen eiserner Gasröhren handelt es sich zunächst um das Einrollen des hierzu bestimmten, entsprechend nach S. 320 vorbereiteten Bandeisens. Nachdem das Ende nach Abb. 353 vorgebogen ist, zieht man die



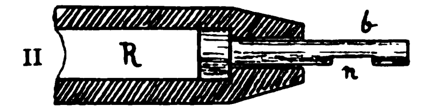


Abb. 365. *b* Zugbolzen, *n* Ausschnitt für den Keil.

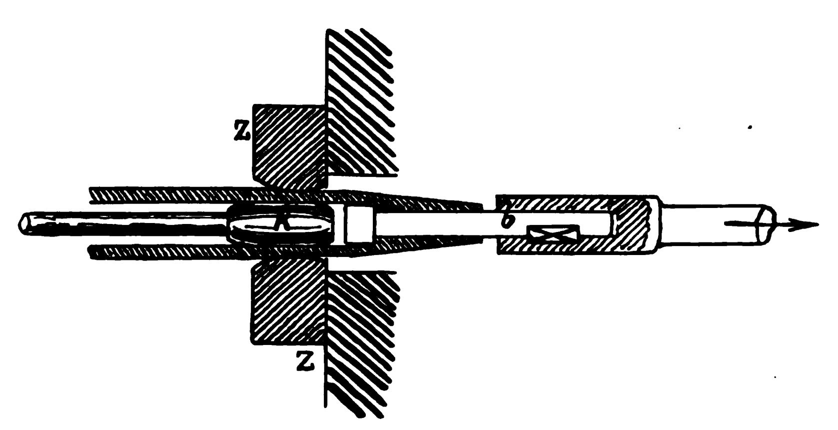


Abb. 366. Ziehen über kurzen Dorn.

glühende Schiene durch ein Zugeisen, welches das Einrollen (Rohrbilden) besorgt. Nach dem Einrollen findet Erhitzung zur Schweißhitze und neuerliches Ziehen (oder Walzen) statt. Die hierbei angewendeten Zieheisen sind entweder aus einem Stücke, Tiegel genannt, außen von der Gestalt einer vierseitigen Pyramide, passend in einen fixen Sitz, innen von entsprechender konischer Gestalt mit polierter Fläche; oder sie sind halbiert und die Hälften entweder in Doppelzangen eingesetzt, deren Schluß durch zwei Arbeiter besorgt wird, Zangenzieherei, oder es ist die untere Hälfte in eine feste Docke der Ziehbank eingesetzt und die obere durch eine Hebelvorrichtung aufgepreßt, Cups- oder Becherzieherei.

Die Tiegel, Zangenkaliber und Cups sind meist Hartguß.

Das Einrollen der für überlappte Rohre bestimmten, an den Kanten schräg zugehobelten Bandeisen erfolgt ebenso wie das Einrollen bei den Gasrohren durch Ziehen. Nach dem Einrollen wird Schweißhitze gegeben und durch walzen über einen konischen Hartgußdorn die Schweißung besorgt. Der Dorn ist hier ebenfalls durch eine Stange im Kaliber der Walzen gehalten, wie dies ähnlich beim Röhrenzuge über einen kurzen Dorn (Abb. 366) der Fall war, und hierdurch erreicht man gute Ausbildung der Innenfläche bei guter Schweißung. Zum Schlusse werden diese Rohre noch durch einen Hartgußring mit scharfer Kante gezogen, um die Oberfläche rein zu erhalten. Die so hergestellten überlappten Rohre werden insbesondere als Siederohre für Lokomotivkessel verwendet.

Auf elektrolytischem Wege werden große Rohre aus Kupfer hergestellt, welche sich durch Ziehen strecken lassen. Hervorragendes leistet die Elmores Metall-Aktien-Gesellschaft in Schlandern a. d. Sieg und die Compagnie franç. des métaux, Paris.

5. ABSCHNITT.

Vom Pressen, Prägen und Stanzen.

Der technologische Begriff, welcher mit dem Worte Pressen ausgedrückt wird, ist kein scharf begrenzter. — Wird auf eine bildsame Masse, welche in einem mit Ausflußöffnung versehenen zylindrischen Gefäße eingeschlossen ist, durch einen Kolben ein derartig hoher Druck ausgeübt, daß die Masse in „Fluß“ gerät, das will sagen, durch die Öffnung in Form eines zylindrischen Stranges austritt, so spricht man von Pressen und bezeichnet durch zusammengesetzte Hauptwörter, wie Röhrenpressen, Bleidrahtpressen, Tonröhrenpressen usw. usw. den Zweck näher (vgl. S. 10 u. 25).

Werden pulverige Massen in prismatischen Gefäßen mittels eines Kolbens zusammengedrückt, wie dies z. B. bei der Erzeugung von Trockenziegeln, d. h. Ziegeln aus nahezu wasserfreiem Tonpulver, bei der Herstellung von Salz- und Kohlenbriquettes, bei dem Zusammendrücken von Graphitstaub und gewissen Stärkearten zum Zwecke der Herstellung handlicher Stücke für den Verkauf geschieht, so spricht man auch von Pressen. Man sieht, daß mit dem Worte Pressen keine bestimmte Gattung von Formänderung, sondern nur die Anwendung eines hohen Druckes zu einer erst noch näher zu bezeichnenden Formänderungsarbeit gemeint ist.

Da nun zum Prägen und Stanzen ebenfalls bedeutende Drücke angewendet werden müssen, so schließen sich diese Operationen dem Pressen, namentlich bezüglich der anwendbaren maschinellen Arbeitsmittel an, ja es werden die hierfür verwendeten Maschinen und die Arbeit selbst häufig Pressen genannt.

Die bildsamen Materialien verhalten sich gegen hohe Pressungen prinzipiell ganz anders als pulverige Substanzen. Bei ersteren ist nach Erreichung eines genügenden, von der Natur des Materials abhängigen Druckes

infolge allseitiger Druckfortpflanzung das Material geneigt, nach jeder Richtung auszuweichen, auszufließen.

Befindet sich z. B. Blei, Ton, Wachs, Graphitteig, Mehlteig, Guttapercha u. dgl. in einem zylindrischen Gefäße unter genügendem Drucke, so kann die Ausflußöffnung im Boden oder in der Seitenwand oder im Preßkolben selbst ausgespart sein, der Ausfluß wird überall hin erfolgen; das bildsame Material wird hierbei, wenn es dicht (blasenfrei) ist, keine wesentliche Verdichtung erleiden. Paßt der Preßkolben einer Bleiröhrenpresse nicht scharf in den Preßzylinder, so wird gleichzeitig mit dem beabsichtigten Ausflusse auch rund um den Kolben Material austreten.

Es gibt manche bildsame Materialien, z. B. Porzellanmasse, Farbepasten für farbige Stifte u. dgl., welche das Wasser, durch welches sie bildsam geworden sind, nicht so kräftig festhalten als Mehlteig und Ton. Bei solchen Materialien bewirkt die Pressung ein Abwärtssinken eines Teiles des Wassers, und wird langsam gepreßt, so ist der Anfang des unten ausfließenden Materialzapfens bedeutend wasserreicher als das Ende desselben. Man muß bei diesem Material möglichst rasch pressen, will man nach dieser Methode z. B. ein Porzellanrohr herstellen, welches beim Trocknen und Brennen sich gleichmäßig verhält.

Die pulverigen Materialien pflanzen den Druck nie allseitig gleichmäßig fort, sondern vorwaltend nach der Druckrichtung und normal gegen die Oberfläche jenes Materialkonoids, welches sich unter der Druckfläche bildet. Eine Fortpflanzung des Druckes entgegen der Richtung der Pressung, ein Aufsteigen der pulverigen Masse, insoweit selbe nicht durch entweichende Luft in geringer Menge mitgenommen wird, findet im Raume zwischen dem Kolben und der Gefäßwand nicht statt. Füllt man z. B. ein eisernes Rohr, dessen untere Öffnung mit Papier oder Pappe durch Aufkleben verschlossen ist, mit Sand, stellt dasselbe auf eine ebene Platte, setzt einen Stempel in das Rohr (Abb. 367) und gibt man Druck, so wird der Sand zunächst Korn an Korn gepreßt, überwiegt der spezifische Druck (etwa bei 100 Atmosphären) die Festigkeit der Sandkörner, so hört man ein Knistern, die Körner zerdrücken sich gegenseitig und das eiserne Rohr beginnt sich zu deformieren, obwohl der Stempel dasselbe gar nicht berührt. Die Deformation hängt von dem Verhältnisse der Höhe zum Durchmesser ab, und ist jener sehr ähnlich, welche ein zwischen parallelen Platten gepreßtes Rohr annimmt. Abb. 368 I, II, III zeigt die Formänderungen, welche ein so behandeltes Siederohr von 50 *mm* Durchmesser und den Höhen von 112, 150, 200 *mm* annahm. Diese Deformationen konnten doch nur dadurch entstanden sein, daß der Sand auf das Rohr vorwaltend gegen abwärts gerichtete Pressungen ausübte.

Die Fortpflanzung des Druckes im Sande erfolgt so allmählich, daß die oberen Sandschichten im Rohre zuerst zerdrückt werden, während die unteren Schichten erst später bei fortgesetzt wachsendem Drucke und eintretender Stauchung des Rohres daran teilnehmen. Es erklärt dies die Wirkung des

Versatzes beim Sprengen (S. 176). Die Höhe des Gefäßes kann bedeutend kleiner als die Breite und Länge sein, und doch pflanzt sich der Druck in den unteren Schichten schon wesentlich geringer fort. Ein aus Tonpulver gepreßter Ziegel wird, wenn nur einseitig gepreßt, unter dem Preßkolben wesentlich dichter sein als über der Gegenplatte, und diese Differenz ist so bedeutend, daß zur Pressung von beiden Seiten gegriffen werden muß, wenn ein hinreichend gleichmäßiges Fabrikat erlangt werden soll. Versuche haben mir gezeigt, daß man mit feinen Pulvern, welche als mäßig dicke Schicht unter den Preßkolben gebracht sind, bildsame Materialien, welche den übrigen Teil eines Preßgefäßes füllen, so vollkommen abdichten kann, daß dieselben nicht mehr zwischen Kolben und Preßgefäß auszufließen vermögen.

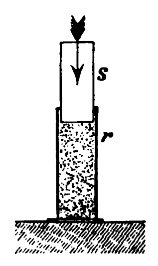


Abb. 367.
r mit Sand gefülltes Rohr, *s* Preßstempel.

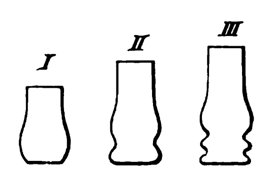


Abb. 368.
I von 112 *mm* auf 99 *mm*.
II von 150 *mm* auf 130 *mm*.
III von 200 *mm* auf 155 *mm*.

Die Erscheinungen der Druckfortpflanzung in körnigem Material sind noch lange nicht genügend erklärt. Füllt Sand, Getreide u. dgl. ein Gefäß, so ist z. B. der auf die vertikalen Gefäßwände ausgeübte Druck im Ruhezustande wesentlich kleiner, als wenn durch natürlichen Abfluß aus einer Bodenöffnung Bewegung in die körnigen Massen kommt.

Die technologisch wichtigen Aufgaben geben bezüglich der pulverigen Substanzen zu Fragen Veranlassung, welche innig mit der wichtigen Frage des Erddruckes, die so oft die Ingenieure beschäftigt, zusammenhängen. Dieses schwierige Gebiet bedarf trotz der vielen Arbeiten, welche vorliegen, noch sehr der weiteren Forschung.

Das Pressen von Trockenziegeln.

Wird ein prismatischer Rahmen mit Ton- oder Zementpulver gefüllt, ein in den Rahmen passender Stempel aufgesetzt und genügender Druck gegeben, so preßt sich das Pulver zusammen und bildet, wenn aus dem Rahmen herausgedrückt, ein zusammenhängendes Stück. Zerschlägt man dasselbe, so nimmt man deutlich wahr, daß die dem Stempel zunächst liegenden Schichten weit dichter geworden sind, als die weiter abliegenden.

Soll die gepreßte Masse möglichst gleichförmig ausfallen, so muß von beiden Seiten Druck gegeben werden und kann dies in verschiedener Weise geschehen.

Ein älteres Verfahren ist durch Abb. 369 skizziert. *R* ist der Formrahmen, *u* die Bodenplatte, *o* der Stempel. Der Form- oder Preßrahmen *R* liegt auf einem Kautschukring *k* und mit diesem auf einer Rahmenplatte. Findet die Abwärtsbewegung des Preßstempels *o* statt, so wird das pulverige Material zusammengedrückt, und wenn die Pressung so weit gestiegen ist, daß ein Niederdrücken des Rahmens *R* erfolgt, so wird der Kautschukring zusammengepreßt und es tritt die Bodenplatte *u* in *R* ein und preßt das Pulver von unten.

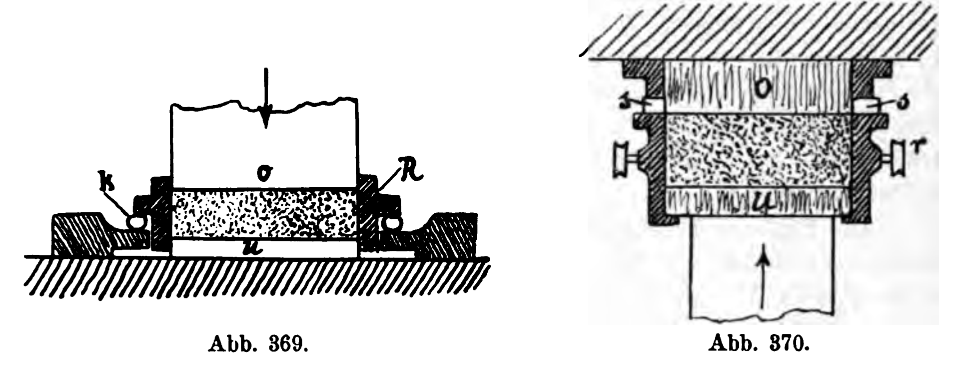


Abb. 369. Abb. 370.

Ein zweites Verfahren ist durch Abb. 370 skizziert. Der Formrahmen ruht auf Rollen *r*, deren Laufschienen in der Abbildung weggelassen sind. Die Bodenplatte *u* wird durch den Preßstempel nach oben gedrückt. An der Decke, dem Querhaupt der Presse, befindet sich die Gegenplatte *o* und ein Rahmen geringerer Höhe, zwischen welchem und dem Preßrahmen Schienen *s* gelegt sind. Es wird nun zuerst von unten Druck gegeben, hierauf *s* entfernt, und indem sich bei neuerlichem Druckgeben der Formrahmen und die Bodenplatte heben, kommt *o* zur Wirkung.

Bei der automatisch wirkenden Trockenziegelpresse[1]) von Czerny (ausgeführt in der Maschinenfabrik F. J. Müller in Prag-Bubna) fällt das Lehmpulver durch ein Fallrohr *r* (Abb. 371) in ein Kästchen *k*, welches sich gemeinsam mit dem Oberstempel *o* in einem horizontal bewegten

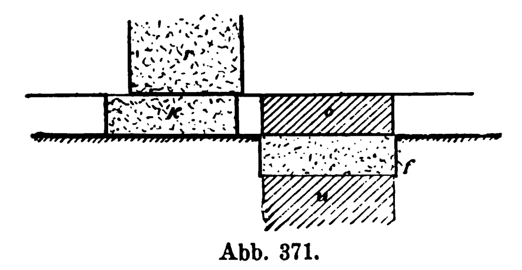


Abb. 371.

[1]) Teils um den Ziegeln eine besonders genaue Form zu geben, teils um Ton zu verarbeiten, welcher sich in der gewöhnlichen Weise nicht zu Ziegeln schlagen oder nicht naß maschinell zu Ziegeln verarbeiten läßt, werden Trockenpressen angewendet. Der Lehm wird in offenen Schoppen getrocknet, dann pulverisiert (Desintegrator oder Walzen usw.) und als ziemlich feines durch Siebe Nr. 10 bis 14 gesiebtes Pulver, mit nur 4 bis 8% Wassergehalt, den Pressen zugeführt.

Schlitten, beziehungsweise Karren *s* befindet. Bei dem Rechtsgange dieses Schlittens gelangt zuerst das Kästchen *k* über die Form *f*, deren gut passender, beweglicher Boden auf dem hydraulischen Kolben ruht, und wird dieselbe mit Lehmpulver gefüllt. Die Form ist daher ein Rahmen, oben und unten offen, nach unten jedoch durch den beweglichen Boden, den Preßstempel *u*, geschlossen. Bei dem folgenden Linksgange des Schlittens gelangt der Oberstempel *o* über die vollgefüllte Form, und sobald *o* genau über der Form steht, hebt sich dieselbe um 5 *mm*, wodurch das Pulver etwas eingedrückt wird; dies hat zur Folge, daß bei dem späteren Drucke das Pulver nicht ausquillt. Nun hebt sich der Kolben *u*, es erfolgt die Kompression des Pulvers, dasselbe beginnt sich an den Wänden der Form derart zu verspreizen, daß auch diese einen Hub nach oben erfährt; dadurch gelangt der Oberstempel *o* zu aktiver Wirkung und die Pressung erfolgt daher von beiden Seiten.

Die Füllhöhe beträgt zirka 112 *mm* und diese wird auf zirka 65 *mm* zusammengedrückt; hierbei beträgt der Hub der Form beim eigentlichen Pressen etwa 17 *mm*, so daß die gesamte Eindringung des Oberstempels bei 22 *mm* (5 mehr 17 *mm*), jene des Unterstempels bei 25 *mm* beträgt.

Nach erfolgter Pressung sinkt der Kolben und auch die Form, so daß der Oberstempel nicht mehr in die Form hineinragt und eine weitere Linksverschiebung des Schlittens so weit erfolgen kann, daß die Form nach oben zu frei wird. Ein neuerlicher Hub des Pistons drückt den gepreßten Ziegel aus und der nun erfolgende Rechtsgang des Schlittens schiebt den Ziegel auf der Gleitbahn aus, während gleichzeitig das Kästchen *k* aus dem Rohre *r* mit frischem Materiale gefüllt wird, welches es bei der weiteren Bewegung des Schlittens *s* in die Form entleert. Durch das besprochene Zusammenwirken des unteren und oberen Stempels wird in raschester und einfachster Weise eine ausgezeichnete Gleichförmigkeit des Produktes erzielt. Die ruckweisen Bewegungen des Schlittens gehen von einer großen Nutscheibe aus, welche sich an der im Oberteile der Maschine gelagerten Hauptwelle befindet, an welcher auch die beiden Steuerscheiben (Exzenter genannt, aber keineswegs Kreisexzenter) aufgekeilt sind, deren eine auf das Druckventil, deren andere auf das Auslaßventil einwirkt. Das Druckwasser kommt von einem Gewichtsakkumulator und besitzt 40 Atmosphären Pressung.

Damit der Piston oder Kolben der hydraulischen Presse bei geöffnetem Auslaßventil rascher sinkt, ist er mit außerhalb angebrachten Belastungsgewichten von zusammen 500 *kg* versehen. Die Bohrung des Ablaßventiles beträgt 30 *mm*, die des Druckventiles 16 *mm*.

Die Maschine Czerny's liefert 400 bis 500 Stück Ziegel pro Stunde und kostet 5600 *K*.

Ausflußpressen.

Ausfluß bildsamer Massen bewirkt durch Pressen.

Die mechanischen Mittel, welche den Ausfluß bildsamer Massen aus Gefäßöffnungen bewirken, sowie die Formgebung des Preßgefäßes hängen von dem Widerstande ab, welchen das Material der Verschiebung seiner Massenteilchen entgegensetzt.

Während bei *Mehlteig*, *Guttapercha*, *plastischem Tone*, *Graphitteig*, *Porzellanmasse* u. dgl. *weichen*, *knetbaren* Materialien kleine spezifische Drucke, etwa 1 bis 10 Atmosphären zur gewünschten Verschiebung der Massenteilchen führen, erheischt *Blei* und *Zinn* bereits Pressungen von 1000 bis 4000 Atmosphären. Während man daher bei den erstgenannten Körpern ohne Schwierigkeit Gefäße herstellen kann, deren Wände den auftretenden Drücken standhalten und in der Wahl der Mittel zur in Drucksetzung des Materials große Freiheit genießt, z. B. auch durch genügend große Speiseschnecken das bildsame Material aus einem Einwurftrichter in den Preßzylinder drücken und so kontinuierlich arbeiten kann, muß beim Ausflußpressen von Blei und Zinn eine sehr kräftige Konstruktion des Preßzylinders und als Druck gebende Maschine eine kräftige hydraulische Presse in Verwendung treten.

Will man *Röhren* pressen, so muß in die Ausflußöffnung ein entsprechender Dorn gesetzt sein. Bei den knetbaren Materialien kann die Verbindung des Dornes mit der Wand, in welcher sich die Ausflußöffnungen befinden, durch Stege in verschiedener Weise erfolgen, etwa so, wie dies die Abb. 372 I, II darstellen. Das Material wird sich an diesen Stegen vorbeischieben und hinter demselben im Ausflußquerschnitt vereinigen. Denken wir uns, es fließe statt eines knetbaren Materials ein 1000mal widerstandsfähigeres, so würden derlei Verbindungsstege nie standhalten; es ist dann erforderlich, entweder den Dorn mit dem Preßkolben zu verbinden, oder durch den Preßkolben hindurch zu verlängern und schließlich zu verankern (Abb. 373).

Abb. 372. *k* im Loche fixierter Kegel oder Dorn.

Geht man noch weiter, sucht man *Kupferröhrchen* zu pressen, so gelangt man zu so bedeutenden Drücken, daß der Reibungszug des ausfließenden Metalles den Dorn abreißt und der Widerstand des Metalles den Preßzylinder staucht, kurz man kommt zu Pressungen von mehr als 20.000 Atmosphären und man steht dann vor der Frage, ob es noch ein Material für Preßkolben und Dorn gibt, welches den Pressungen stand halten kann? Glühendes Kupfer hat allerdings wesentlich größere Weichheit, aber hier treten wieder andere praktische Schwierigkeiten ein. Man hat dieselben zu überwinden gesucht, der Erfolg ist kein durchschlagender.

Es sei zunächst in Abb. 373 eine *Bleiröhrenpresse* dargestellt.

A ist der Preßzylinder, in welchen geschmolzenes Blei eingefüllt wird, a der auswechselbare Preßring oder Tiegel mit der Ausflußöffnung, b das Einsatzstück für denselben, C das Querhaupt (Holm), d der unten verankerte Dorn, k der Druckkolben, welcher auf das Blei pressend einwirkt, K der hydraulische Kolben, B der Zylinder der hydraulischen oder Brahmapresse. S, S_1 sind die Verbindungssäulen, m, m_1 ihre Muttern. Die Teile a und b liegen beim Röhrenpressen dicht an dem Zylinder A, die in der Abbildung ersichtliche Spalte ist nicht vorhanden.

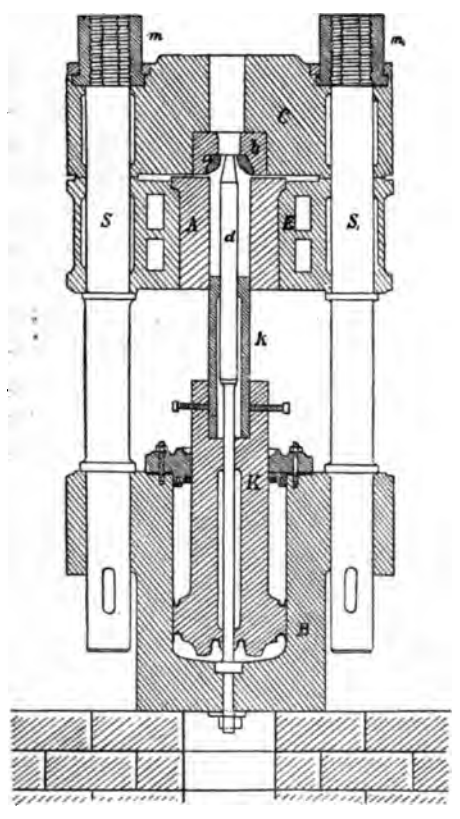


Abb. 373. Bleiröhrenpresse.

Wird Druckwasser unter den Brahmakolben K eingelassen, so heben sich K und k und pressen das heiße Blei durch die ringförmige Öffnung des Preßzylinders und es steigt ein Bleirohr vertikal aus dem Zylinder auf. Hat hierbei der Kolben seine Endlage erreicht, so entfernt man die Schraubenmuttern m, m_1 und hebt durch eine über der Maschine angebrachte Hebevorrichtung den Holm C auf, wobei ab noch am Preßzylinder haften. Durch Ziehen am Rohre werden nun auch die Teile ab nebst dem in der Erweiterung von a verbliebenen Bleireste, welcher das untere Rohrende bildet, gehoben. Ist dies geschehen, so bringt man die Kolben k und K zum Sinken, indem man nun über K Druckwasser einleitet. Man füllt hierauf den Preßzylinder A mit geschmolzenem Blei, bringt die Teile a, b, C und m, m_1 wieder in ihre Normallage und leitet von neuem die Rohrbildung ein. Das frische Blei verbindet sich hierbei unter a mit dem daselbst verbliebenen Bleireste und hierdurch ist es möglich, Bleirohre von beliebiger Länge herzustellen.

Die Konstruktionen der Bleiröhrenpressen sind mannigfach und hat sich um dieselben insbesondere Ingenieur Karl Huber (s. Z. in Wien) verdient gemacht.

Da das Pressen der Bleiröhren heiß erfolgt und die Temperatur über jener liegt, bei welcher Zinn schmilzt, so bleibt, wenn an der Austrittstelle des Bleirohres flüssiges Zinn in das Bleirohr gegossen wird, dasselbe geschmolzen und es hängt sich an das Bleirohrinnere eine Schicht Zinn an. Man erhält so innen verzinnte Bleirohre, welche zu Wasserleitungszwecken verlangt werden. Dicke Verzinnung kann man erhalten, wenn man

einen Bleihohlzylinder mit einem etwa 12 *mm* dicken Zinnfutter herstellt, dessen Innendurchmesser zum Dorne paßt. Hier wird kalt gepreßt.

Das Ausflußpressen findet bei Ton meist so statt, daß die Tonstränge, welche die Presse verlassen, in horizontaler Richtung auf geeignete Führungen austreten. Mittels gespannten Drahtes werden bei diesem Material normal zur Ausflußrichtung Schnitte geführt. Je nach der Form der Ausflußöffnung erhält man Vollziegel, Hohlziegel, Drainageröhren usw.

Beim Ausflußpressen von Graphitteig und Mehlteig ist die Anordnung meist so, daß der Ausfluß in vertikaler Richtung nach unten erfolgt. Bringt man unter einem solchen Preßzylinder ein rasch rotierendes Messer an, so schneidet dasselbe das ausgepreßte Material in Scheibchen, deren Gestalt von dem Querschnitte der Ausflußöffnungen abhängt. Hiervon macht man in der Teigwarenfabrikation und bei der Erzeugung rauchlosen Pulvers Anwendung.

Denkt man sich bei der in Abb. 373 gezeichneten Presse den Dorn und seine Stange durch ein Kabel ersetzt, welches unten eintritt, oben austritt, statt Blei aber Guttapercha im Preßzylinder, so erhält man ein Kabel mit Guttaperchamantel. Da Guttapercha bei 70° sehr bildsam ist, wird die Presse selbstverständlich für geringen Druck zu berechnen und dem entsprechend einfacher zu bauen sein.

Für die verschiedenen Materialien und für die abweichenden Verhältnisse des Lochquerschnittes zur Kolbenfläche sind die erforderlichen Pressungen nicht bekannt gemacht; es wird im konkreten Falle aus einem Versuche im Kleinen der erforderliche Kraftbedarf nach dem Gesetze der proportionalen Widerstände zu bestimmen sein.

Andere Verfahren der Erzeugung von Röhren.

Von den mannigfachen anderen Verfahren der Röhrenfabrikation, welche in einer zusammenfassenden Abhandlung in den Verh. d. Ver. für Gewerbefleiß in Preußen (1900, S. 361 bis 439) beschrieben sind, sei hier nur noch die Röhrenerzeugung von Ehrhardt besprochen.

Ein im Querschnitt quadratischer Stahlblock wird glühend in eine zylindrische Form (Matrize) eingesetzt und in denselben ein spitzer Dorn hydraulisch eingedrückt. Der Dornquerschnitt ist gleich der Summe der vier Kreissegmentflächen, zwischen Block und Matrize. Der noch glühende, nicht ganz durchlochte Block, wird samt dem Dorne durch mehrere aufeinanderfolgende Ringe gepreßt, sodann das massive Ende ausgeschmiedet, so daß dessen Erfassen auf der Ziehbank möglich ist und auf dieser sodann das Rohr verzogen. Ehrhardt hat verschiedene hydraulische Pressen für Sonderzwecke, z. B. für die Erzeugung hohler Lokomotivachsen, mit bestem Erfolge in die technische Praxis eingeführt.

Prägen und Stanzen.

Läßt man zwei im Querschnitte gleich große Stempel, welche beide mit vertiefter Gravur versehen sind, auf eine dazwischen liegende Scheibe bildsamen Metalles pressend einwirken (Abb. 374), während Scheibe und Stempel von einem kräftigen Ringe umschlossen sind, welcher seitliches Fließen des Metalles verhindert, so fließt das Metall bei hinreichendem Drucke in die Vertiefungen der Gravur der beiden Stempel ein. Auf diesem Wege erhält man eine Metallscheibe, welche beiderseits erhabene, voneinander unabhängige Abbildungen aufweist, und man nennt sie Prägestück und die Operation das Prägen.

Wendet man jedoch zwei Stempel an, von welchen der eine vertieft, der zweite derart erhaben gearbeitet ist, daß die beiden Stempel ineinander passen, legt man zwischen diese Stempel ein dünnes Blech

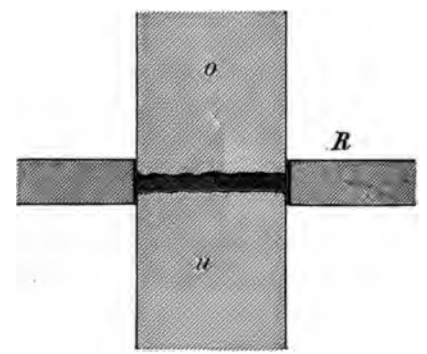


Abb. 374. *o* Oberstempel, *u* Unterstempel, *R* Prägering.

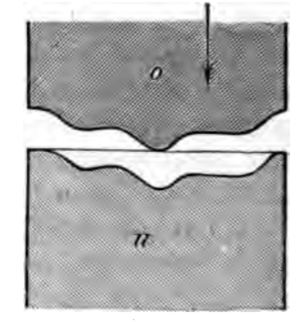


Abb. 375. *o* Oberstempel oder Patrize, *u* Unterstempel oder Matrize.

und gibt man Druck, so drückt und zieht der erhaben gearbeitete Stempel (Oberstempel oder Patrize) das Blech in den vertieften Stempel (Unterstempel oder Matrize) hinein und man erhält eine Blechhohlform (eine gestanzte Ware), deren beide Seiten dieselbe Abbildung, einerseits vertieft, anderseits erhaben aufweisen; diese Operation heißt Stanzen (Abb. 375). Ein Fließen, welches einen Prägring erfordern würde, findet nicht statt.

So verwandt die Operationen des Prägens und Stanzens auch sind, so wesentlich verschieden ist doch die Einwirkung der Stempel. Beim Prägen findet ein eigentlicher Fluß des Materials statt, beim Stanzen hingegen vorwaltend ein Biegen und Ziehen. Vom Prägen wird fast nur zur Erzeugung der Münzen und Medaillen Anwendung gemacht, vom Stanzen hingegen für die Herstellung der verschiedensten Gebrauchs- und Luxusgegenstände. Man stanzt Knöpfe, Uhrgehäuse, Patronenhülsen, Konservenbüchsen, Kochgeschirre, Waschbecken, Tassen, die verschiedensten Schmuckgegenstände und vieles andere. Das Stanzen ist eine Operation von höchster technischer Wichtigkeit, und insbesondere zur Massenfabrikation fast aller Hohlformen aus Blech in steigender Verwendung.

Bei dem Prägen ist gewöhnlich der Unterstempel festgestellt, der Prägring und der Oberstempel beweglich. In alter Zeit wurde der Prägring nicht angewendet, die zu prägende Münzscheibe auf den Unterstempel gelegt, der Oberstempel aufgesetzt (ähnlich dem Vorgange beim Schmieden im Gesenke) und mit dem Hammer aufgetrieben. Durch das Fehlen des Prägringes erklärt sich der unreine Rand alter Münzen, durch das Aufsetzen des Oberstempels aus freier Hand die oft exzentrische Prägung. Bei den Münzen des Altertums verzichtete man auf die jetzt, Medaillen ausgenommen, stets gestellte Forderung, die Münzen so aufeinander legen zu können, daß sich Münzrollen bilden lassen. Diese praktische Forderung bedingt, daß die figurale Prägung tiefer liegen muß als der Münzrand, was der Ausbildung schöner Reliefs hindernd im Wege steht. Nur der Medaillengraveur darf die Stempel so schneiden, daß die Abbildung in ihren Höhen über den Rand hinausragt.

Der Prägring muß im Augenblicke der Prägung nach Abb. 374 den seitlichen Fluß des Metalles hemmen und einen gleichförmigen glatten oder gerippten Rand liefern. Soll ein Münzrand mit vertiefter Schrift gebildet werden, so geschieht dies auf einer besonderen Maschine, der Rändelmaschine, bei welcher die noch ungeprägten Münzplättchen zwischen zwei Stahlleisten mit Hochgravur abgerollt werden, wobei sich die erhaben geschnittenen Buchstaben in den Scheibenrand einpressen.

Nach erfolgter Prägung sinkt bei den Prägmaschinen der Prägring und die Münze kann vom Unterstempel abgestreift werden. Die Prägung der Verkehrsmünzen erfolgt durch einen einzigen Druck, welcher bei der Uhlhorn'schen Prägmaschine durch Kniehebelwirkung erzielt wird (s. unten). Die erforderlichen Pressungen sind bedeutend und betragen nach meinen Versuchen annähernd

für Blei	1.600 Atm.	für Kupfer	12.000 Atm.
„ Zinn	1.900 „	„ Messing	12.000 „
„ Zink	7.000 „	„ Bronze	13.000 „
„ Aluminium	11.000 „	„ Eisen	14.000 „

Hohe Prägungen, wie sie bei Medaillen häufig vorkommen, bedürfen auf den gebräuchlichen Prägmaschinen wiederholter Pressung und wiederholten Glühens.[1])

Die Prägstempel sind aus gehärtetem Stahle. Da bei dem Prägen von Münzen viele Stempel verbraucht werden, teils durch Zerspringen, teils durch Abspringen kleiner Teile, so werden dieselben nie unmittelbar durch Tiefgravur erzeugt, sondern es werden mittels Hochgravur (oder durch Tiefgravur s. unten) zwei Stempel hergestellt, welche den beiden Münzseiten entsprechen, und nachdem dieselben gehärtet sind, werden sie in ein sehr kräftig wirkendes Fallwerk eingesetzt und in weiche Stahlstücke abgeklatscht.

---

[1]) Siehe Näheres in Karmarsch-Heeren, Technisches Wörterbuch, III. Auflage, Bd. 6, S. 196.

Die Hochgravur setzt sich so in Tiefgravur um, und man ist in der Lage, eine große Zahl ganz gleicher Stempel herzustellen. Durch Drehen und schließlich durch Härten, sowie Nachschleifen und Polieren werden die Stempel fertig gestellt.[1]) Mit jeder Münzstätte ist zu diesem Zweck eine eigene Werkstätte verbunden, in welcher die Arbeit des Graveurs vervielfältigt wird. Das Verfahren der Prägstempelherstellung kann auch so abgeändert werden, daß der Graveur die Tiefgravur herstellt, dieser Stempel nach dem Härten zur Erzeugung von Patrizen verwendet wird und von diesen jene Matrizen gebildet werden, welche als Prägstempel in der Münze zur Verwendung kommen.

Ähnlich ist auch der Vorgang bei der Herstellung der Stempel für das Stanzen. Der Stempelschneider stellt gewöhnlich nur die Matrize her, zuweilen auch nur die Patrize, und der Gegenstempel wird durch Abpressen oder Abschlagen erzeugt, wobei zuweilen das auszubildende Gegenstück glühend in das Schlagwerk eingesetzt wird.

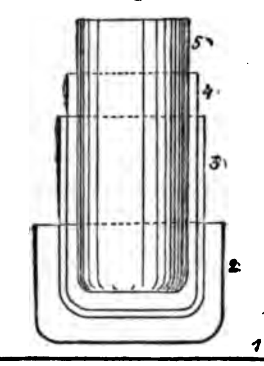


Abb. 376. Übergangsformen beim Stanzen.

Werden durch das Stanzen Hohlformen gebildet, wie sie Abb. 376 darstellt, so kann als Unterstempel ein Ring verwendet werden, in welchen der Oberstempel eintritt. Der Oberstempel drückt oder zieht das Werkstück durch den die Matrize vertretenden Ring und die Arbeit hat Ähnlichkeit mit dem Ziehen. Deshalb ist die Bezeichnung „Ziehpressen“ für derlei Stanzarbeit in Gebrauch gekommen.

Bei der Bildung der ersten Hohlform können zwei Operationen in eine vereinigt werden, das Lochen (Ausschneiden eines Scheibchens) und das Stanzen. Man kann der Maschine dann einen Blechstreifen zuführen und es wird aus demselben zuerst eine Kreisscheibe geschnitten und diese sofort zur Hohlform gedrückt. Der Vorgang kann durch verschiedene Werkzeuge erzielt werden, zwei wesentlich verschiedene Anordnungen zeigen die Abb. 377 und 378, welche wohl ohne weitere Erklärung verständlich sein dürften, sobald man weiß, daß der Teil I das

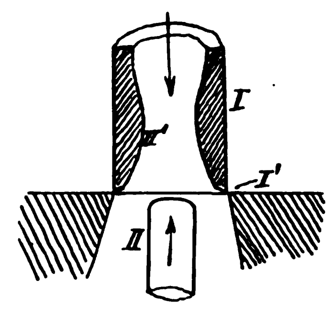


Abb. 377.

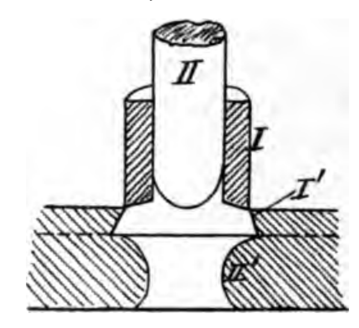


Abb. 378.

[1]) Ebendort Bd. 7, S. 16 bis 19.

Ausschneiden der Kreisscheibe zuerst, der Stempel II dann sofort das Stanzen bewirkt. Bei der älteren Anordnung (Abb. 377) ist der Oberstempel auf eine gewisse Höhe hohl und die gestanzten Stücke fallen durch einen seitlichen Ausschnitt aus.

Besteht das Scheibchen aus sehr dünnem Bleche, dann tritt beim Stanzen die Gefahr ein, daß sich dasselbe faltet. Es wird dieses Falten dadurch vermieden, daß man den Stempel mit einem Rohre umgibt, dessen untere ebene Endfläche mittels einer kräftigen Feder oder in anderer Weise auf das auf der Matrize liegende Blech gedrückt wird. Indem die Patrize sich niederbewegt und das Blech in die Matrize drückt, zieht sie dasselbe zwischen den ringförmigen klemmenden Flächen heraus, wobei wegen des nach einwärts abnehmenden Durchmessers schon zwischen den Klemmungsflächen ein regelmäßiger Fluß des Materials stattfinden muß.

Die Anordnungen können sehr verschieden ausgeführt sein, eine derselben zeigt Abb. 379 nach einer von Bliß & Williams in Brooklyn, N. Y., ausgeführten Stanzmaschine. In dem Rohre R befindet sich ein Kolben K, der mit seiner Oberfläche einige Millimeter unter die Bettkante gestellt ist. In dieser Lage wird er durch die Feder F, welcher man eine verschiedene Spannung mittels der Schraube S erteilen kann, erhalten. Durch die Stanzen A und B wird das Blech zunächst in entsprechender Größe ausgeschnitten und bei weiterem Niedergange der Matrize A über die Patrize C gebogen, während der Blechrand zwischen der unteren Fläche von A und dem nachgiebigen Ringe rr geklemmt wird, mit einem Drucke, welcher der Federspannung entspricht. Der Ring rr ist in B entsprechend geführt, stützt sich durch vier oder sechs Stifte gleicher Länge auf die obere Fläche des Kolbens K und kann nachgeben, wenn der Druck die Federspannung überwindet. Ist das Blech über B fertig gepreßt und hebt sich A, so drückt die Feder F mittels des Ringes r das gestanzte Stück heraus. Ist die Presse unter 45 bis 60° geneigt, so rutscht das ausgehobene Stück selbsttätig ab. Bei schon gestanzter und ausgeglühter Ware muß die Gestalt der Klemmungsflächen für den Rand der bereits erlangten Form angepaßt sein.

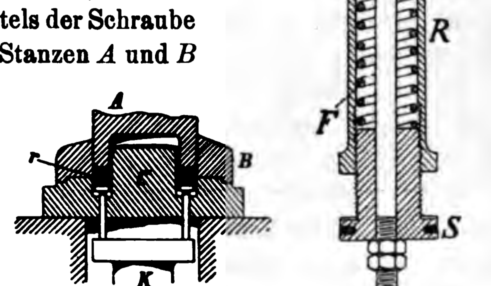


Abb. 379.

Aus Messingblech werden vielerlei gestanzte Waren hergestellt, bei welchen die zu bildenden Reliefs eine sehr verschiedene Beanspruchung des Bleches bedingen. Man kann dann nicht mit einem Schlage bis zur fertigen Endform gelangen, will aber häufig doch nur eine Stanze benützen.

In diesem Falle kann folgender Kunstgriff zur Anwendung kommen: Man verbindet mit dem Fallklotze des Schlagwerkes, welches weiter unten besprochen wird, einen Bleiklotz und läßt den Bär samt dem Bleistücke gegen die unten angebrachte Stahlmatrize mehrmals fallen, wodurch sich eine Bleipatrize ausbildet. Wird nun auf die unten angebrachte Matrize das zu stanzende Messingblech gelegt und erfolgt der Schlag, so wird wohl das Blech in die Matrize eingetrieben, aber der Weichheit des Bleies wegen werden sich die stärker vorspringenden Teile des Reliefs, namentlich die scharfen Kanten abstumpfen, und somit nur ein Vorstanzen erzielt. Da es sich hier um Massenartikel handelt, so wird die ganze Serie der zu stanzenden Stücke so vorbereitet. Hierauf glüht man sie aus und wiederholt das Verfahren in der Weise, daß nun mit dem Bär eine Zinnpatrize, in gleicher Weise hergestellt, verbunden und zur Wirkung gebracht wird. Ist es erforderlich, so kann bei der dritten Stanzung eine Kupferpatrize und endlich bei der letzten die Stahlpatrize angewendet werden. Entsprechend der zunehmenden Härte von Blei, Zinn, Kupfer und Stahl werden die Patrizen stets schärfere Kanten behalten und das Stanzen daher ähnlich allmählich erfolgen, als ob Stanzen mit zunehmenden Höhen Verwendung fänden.

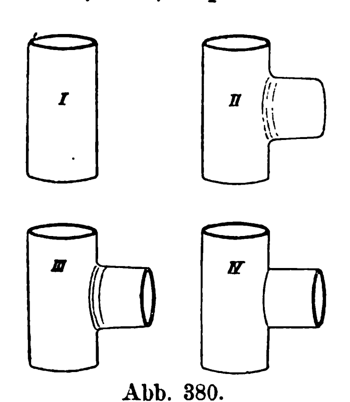


Abb. 380.

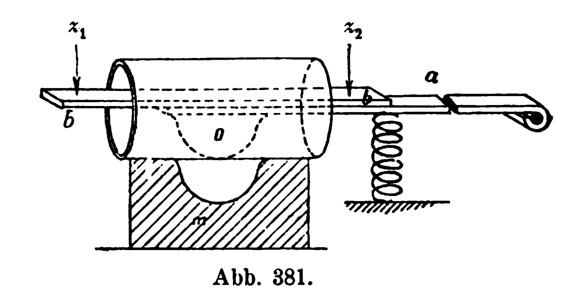


Abb. 381.

Ein fernerer Kunstgriff ist auch der, daß man mehrere, drei bis sieben, dünne Bleche übereinander gelegt der Wirkung der Stanzmaschine aussetzt; nach jedem Schlage wird das unterste, welches an der Stahlmatrize anlag und die Endform erlangt hat, entfernt und oben ein ebenes Blech aufgelegt.

Die meisten gestanzten Waren sind aus dünnen zähen Blechen (Eisen, Kupfer, Messing, Silber usw.) im kalten Zustande hergestellt. Dicke Flußeisenbleche (Kesselbleche) werden jedoch auch glühend gestanzt oder, wie man hierbei meist sagt, „gepreßt". Prinzipiell ist im Verfahren kein Unterschied, das mechanische Mittel aber muß eine sehr kräftige, speziell für diesen Zweck gestaltete hydraulische Presse sein.

Theoretisch ist das Stanzen noch nicht untersucht, d. h. es fehlt noch die Kenntnis der Beziehungen zwischen Deformation und mechanischer Arbeit, welche nur aus Versuchen abgeleitet werden kann.

Für die in Abb. 376, S. 344, dargestellten einfachen Formen seien zu einiger Orientierung nachstehende, aus der Erfahrung genommene Maße der aufeinanderfolgenden Übergangsformen gegeben.

Patronenhülse aus Messingblech		Raketenhülse aus Flußeisen	
Länge (Höhe) Millimeter	äußerer Durchmesser Millimeter	Länge (Höhe) Millimeter	äußerer Durchmesser Millimeter
12·8	17·4	55	141
20·5	15·3	69	122
33·5	14·2	83	106
34·3	14·1	90	98
44·0	13·2	110	84
60·0	12·2	156	71·5
		182	65·5
		231	62
		303	60
		340	57

Die Eisenscheibe hatte ursprünglich 200 *mm* Durchmesser und 6 *mm* Dicke, die Wandstärke des letzten Stückes betrug am oberen Teile 2 *mm*.

Die größte Abnahme des Durchmessers betrug 13%, die gewöhnliche 7 bis 9%, die größte Verlängerung 65%, die gewöhnliche 10 bis 30%.

Das Stanzen eines Zweigrohres nach dem Verfahren von Chillingworth in Nürnberg erfolgt in nachstehender Weise:

Ein kurzes zylindrisches Rohr vorzüglichen Materials (Mannesmann) wird glühend aus der Gestalt I (Abb. 380) zunächst in die Gestalt II durch Stanzen gebracht. Hierauf wird kalt durch Lochen und Aufweiten die Form III und endlich durch Kalibrieren die Form IV erhalten.

Das glühende Rohr wird auf einen die Oberstanze *o* (Abb. 381) tragenden Arm *a* aufgeschoben und ist die Stellung durch einen Anschlag bestimmt. Auf den Arm *a* wird durch das Rohr die prismatische Beilage *b* geschoben. Die Unterstanze oder Matrize *m* befindet sich in richtiger Lage festgestellt. *a* und *m* sind entsprechend an einer rasch wirkenden Presse angebracht, mit deren Preßstempel, beziehungsweise Schlitten, ein Kopf verbunden ist, welcher zwei Zapfen trägt; diese Zapfen drücken beim Niedergange des Schlittens bei z_1 z_2 auf die Beilage und bringen die Patrize *o* zur Wirkung. Die angewendete Presse ist mit lose auf der Krummzapfenwelle sitzendem Schwungrade und damit verbundener Riemenscheibe versehen und wird durch Einrückung einer Friktionskuppelung zur Wirkung gebracht. Die Arbeit geht sehr rasch von statten.

Das auf das Stanzen folgende Lochen erfolgt in kaltem Zustande durch einen gewöhnlichen Durchschnitt. Zur genauen Formgebung, dem sogenannten Kalibrieren, welche Arbeit namentlich in der Beseitigung der Abweichungen von der richtigen Zylinderform der Rohrteile und der Rektifikation des Durchmessers besteht, wird eine drehbankähnliche Vorrichtung verwendet, mit deren Spindelstock das Werkzeug derart verbunden ist, daß dasselbe rotiert. Die Anordnung der Bank, sowie die Form des Werkzeuges *w* erhellt

aus Abb. 382. Das zu kalibrierende Arbeitsstück ist in eine Kluppe *k* von entsprechender Form gespannt und wird mit der dasselbe stützenden Docke *D* gegen das rotierende Werkzeug *w* gedrückt, welches bei dem allmählichen Eindringen die Form des Werkstückes rektifiziert.

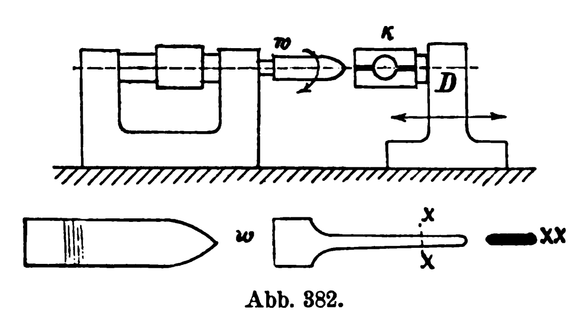


Abb. 382.

Hieran reiht sich das Verfahren des Ingenieurs Karl Huber, Hohlgefäße mit erhabenen Abbildungen zu verzieren. Zu diesem Zwecke wird das mit Blei ausgegossene Hohlgefäß in eine mehrteilige Stahlform eingeschlossen, welche an der Innenfläche mit vertiefter Gravur versehen ist; die Stahlform ist von einem äußeren, sehr kräftigen Mantel umschlossen und der Raum zwischen Mantel und Form mit Blei ausgegossen. Durch einen Stempel, welcher, durch eine Öffnung der Stahlhülle geführt, auf das im Hohlgefäße befindliche Blei drückt, wird dasselbe derart gepreßt, daß es die Gefäßwandungen in die Gravur der Stahlform drückt. Nach erfolgter Pressung wird das Ganze so weit erhitzt, bis das Blei schmilzt und ausgegossen werden kann. Die Stahlform läßt sich aus dem Mantel heben und ihre Teilstücke können von dem mit Hautrelief versehenen Gefäße abgezogen werden. Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine Ware, welche sonst nur mit Hilfe des Treibens hergestellt werden kann.

Stanzmaschinen und Prägewerke.

Die mechanischen Mittel für das Stanzen und für das Prägen sind vielfach dieselben und seien sie zusammen besprochen, nur die lediglich zum Stanzen ehemals verwendeten Werkzeuge Anke und Buckeleisen seien vorerst durch nachstehende Abb. 383 und 384 dargestellt. Mit diesen Werkzeugen stellte man aus kleinen Blechscheibchen kugelsegmentförmige Hohlformen für Knöpfe her. Die Anke ist ein Messing- oder Bronzewürfel mit kugeligen Grübchen, zu welchen ein Satz von Buckeleisen gehört, welche mit Hammer oder Schlegel zur Wirkung gebracht werden.

Als Stanzmaschinen finden das Fallwerk, die Schraubenpresse und die Exzenterpresse zumeist Anwendung.

Das in Abb. 385 dargestellte Fallwerk besteht aus einem vertikal geführten Fallklotz oder Bär, an welchem unten die Patrize befestigt ist und der einstellbaren Matrize. In unserer Abbildung sind *a* die Matrize, *a'* die Patrize, *b* ein Gußeisenblock mit Ansätzen *c*, durch welche die Stell-

schrauben für die Matrize gehen, *d* der Fallklotz, *e*, *e* die Führungsschienen desselben, *g* das über die Rolle *h* gehende Seil, welches auf der Rückseite in einen Steigbügel endet. Mit dem Fuße in dem Steigbügel hebt der Arbeiter den Bär.

Diese Maschine kann auch so abgeändert sein, daß die Seilrolle *h* maschinell angetrieben wird, in welchem Falle der Arbeiter nur die Spannung der Schnur zu besorgen braucht, während der Hub des Bärs durch die Seilreibung veranlaßt wird. Von Wesenheit für die Arbeit ist gute Vertikalführung des Fallklotzes und richtige Zentrierung der Matrize; diese beiden Bedingungen müssen bei jeder Stanzmaschine erfüllt sein.



Abb. 383. Buckeleisen.

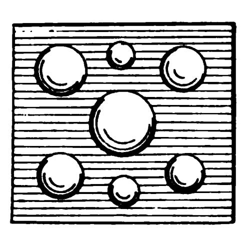


Abb. 384. Anke.

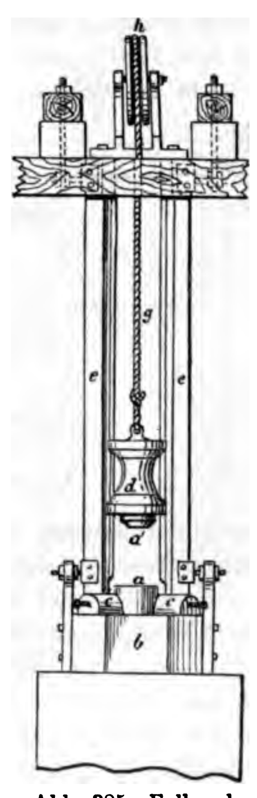


Abb. 385. Fallwerk.

Eine große Schraubenpresse, welche für größere Stanzarbeiten, z. B. Tassen, Waschbecken u. dgl. Verwendung finden kann, in früherer Zeit aber auch als Prägwerk diente, ist in Abb. 386 dargestellt. *a* und *a'* sind Matrize und Patrize, letztere ist mit dem Prisma *c* verbunden, welches in *d* seine Führung findet. Die mehrgängige Schraube *b* findet ihre Mutter in dem oberen Teile des Ständers und ist mit *c* durch einen eingedrehten Hals (S. 156) verbunden. Der Kopf der Schraube ist zum Doppelarme, Balancier *ee* ausgebildet, an dessen Ende die Schwungmassen *ff* sitzen. Die an *f* befindlichen Ringe gestatten der Hand des Arbeiters bequemen Angriff. Durch Fassen der Ringe und Abstoßen in tangentieller Richtung

an ihre Bahn wird der Balancier in rasche Drehung gesetzt, hierdurch auch die Schraube, welche in der festgehaltenen Mutter niedergeht; das Prisma *c* sinkt, die Oberstanze *a'* stößt gegen die Unterstanze *a*. Hierbei kommt die bedeutende lebendige Kraft der bewegten Massen[1]) innerhalb des geringen Weges der Formänderung als gewaltiger Druck zur Wirkung.

Die Schraubenpresse wird in kleinen Abmessungen häufig so ausgeführt, daß der Ständer nur als Halbständer, mithin unsymmetrisch, gegossen ist und mit der Schraube nur ein kurzer Arm mit vertikal angesetztem Griffe verbunden ist. Bei dieser Anordnung faßt die Hand des bei der Maschine sitzenden Arbeiters den Griff und zieht ihn gegen sich. Die geringe Drehung der Schraube um etwa 60° muß schon genügen, den erforderlichen Niedergang der Stanze zu erzielen, was bei etwa dreigängiger Spindel leicht möglich ist.

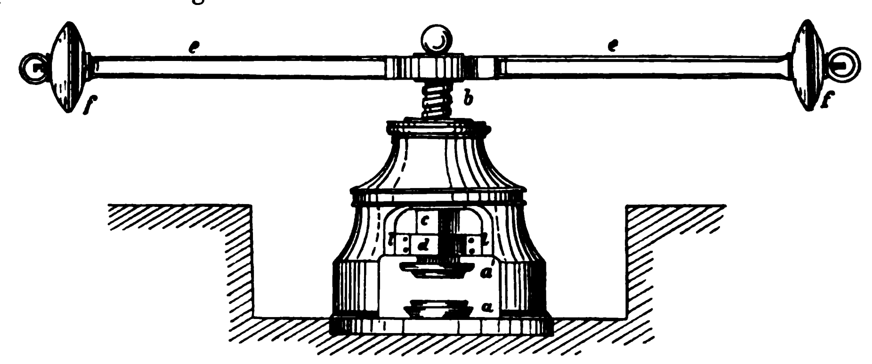


Abb. 386. Stanzmaschine, Prägewerk.

Das alte Prägwerk, wie es in Abb. 386 dargestellt ist, bedarf mindestens zweier Arbeiter, des einen für das Einlegen der Arbeitsstücke, des zweiten (oft noch eines dritten) für die Betätigung des Balanciers. Die Arbeit geht langsam von statten und ist nicht ungefährlich. Eine wesentliche Verbesserung ist die Schraubenpresse mit Friktionsantrieb oder das Spindelwerk Abb. 387.

An der horizontalen Welle *W* sitzen die Voll- und Leerscheibe *rr* und die beiden Friktionsscheiben *S* und *S'*. Die Welle *W* läßt sich durch das Hebelwerk *abc* in ihren Lagern nach rechts oder links verschieben und hierdurch kann entweder *S* oder *S'* zum Anliegen an den mit Leder überzogenen Umfang des Schwungrades *R* gebracht werden. Da der Treibriemen die Welle *W* nur nach einer Richtung dreht, so rotieren auch die Scheiben *S*, *S'* stets in demselben Sinne; indem aber der Angriff der Scheiben nie gleichzeitig erfolgen kann, weil ihr Abstand größer ist als der Durchmesser von *R* und sie auf diametral entgegengesetzten Seiten zum Angriffe an *R* gelangen, so folgt hieraus die Möglichkeit, *R* nach Bedarf in dem einen oder

[1]) Die lebendige Kraft rechnet sich aus dem Trägheitsmomente mal dem halben Quadrate der Winkelgeschwindigkeit. $A = \Sigma \frac{mv^2}{2} = \frac{w^2}{2} \Sigma mr^2 = \frac{w^2}{2} \cdot T.$

andern Sinne drehen zu können. Der Arbeiter sitzt in einer Grube so, daß die Hände in der Höhe der Stanze p sich befinden und die Werkstücke bequem eingelegt werden können; tritt er den Tritt a, so ziehen die Hebel die Welle nach rechts, S' wirkt auf R, die Schraube dreht sich in die Mutter hinein und es erfolgt der Stoß. Läßt der Arbeiter den Tritt fahren, so wirkt das Gewicht q, das Hebelwerk verschiebt die Welle nach links, S dreht R in entgegengesetztem Sinne, die Schraube steigt aufwärts, bis R an das Röllchen f stößt, dasselbe hebt und durch das Stängelchen d so auf das Hebelwerk einwirkt, daß S von R abgezogen wird. Nun kommt R zur

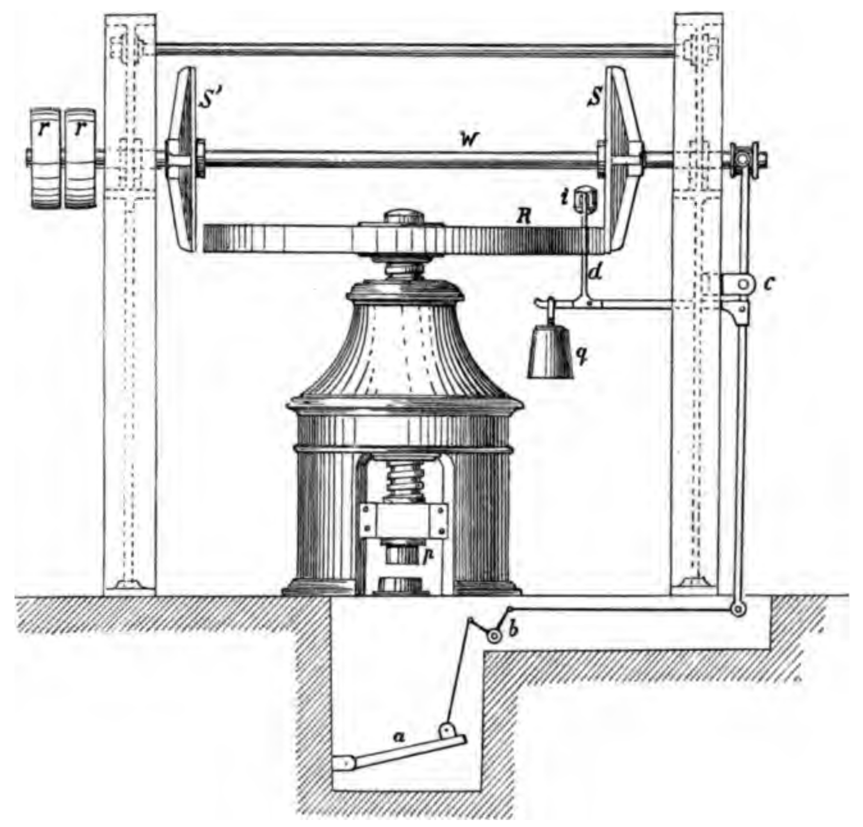


Abb. 387. Friktionspresse oder Spindelwerk.

Ruhe und bleibt darin so lange, bis der Arbeiter neuerlich auf den Tritt a einwirkt. Die Arbeit geht rasch von statten. Diese sinnreiche Anordnung hat den Übelstand, daß das Leder, welches den Reibungszug überträgt, deshalb einer bedeutenden Abnützung unterliegt, weil die Geschwindigkeiten der einzelnen Punkte, mit welchen die Scheiben (S oder S') gleichzeitig auf R einwirken, verschieden sind. Der auf S. 302, Abb. 324, gezeichnete Friktionsantrieb ist in dieser Hinsicht vollkommener.

Für leichte Stanzarbeiten lassen sich mit großem Vorteile Exzenterpressen anwenden, d. h. solche, bei welchen mit einer horizontalen

Welle ein Exzenter verbunden ist, von welchem aus die Vertikalbewegung des Schlittens abgeleitet wird. Indem das Bedürfnis vorhanden ist, die Stöße der Presse erst dann eintreten zu lassen, wenn das Arbeitsstück zur Formveränderung bereit, beziehungsweise richtig eingelegt ist, so läuft die Riemenscheibe und ein Schwungrad, auf gemeinsamer Büchse aufgekeilt, lose auf der Exzenterwelle und wird durch Treten eines Trittes die Kuppelung zwischen Schwungrad und Exzenterwelle nach Bedarf vermittelt.[1])

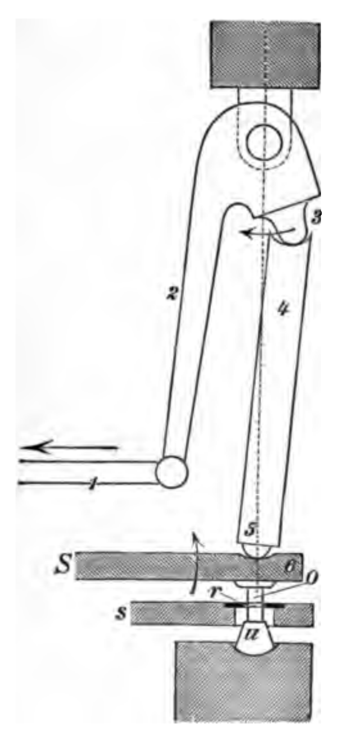


Abb. 388. Kniehebelpresse.

Zum Prägen der gewöhnlichen Handelsmünzen wird die automatisch wirkende Prägmaschine von Uhlhorn angewendet, bei welcher der erforderliche Druck durch einen Kniehebel erzielt wird. Derselbe kann hier zur Anwendung kommen, weil der Weg, welchen der Oberstempel zurücklegen muß, nur klein ist. Die Abb. 388 deutet den Mechanismus schematisch an. *o* ist der Oberstempel, *u* der Unterstempel, *r* der Prägring. Die den Oberstempel tragende Stange *S* ist als kräftige lange Feder ausgebildet, durch deren Federwirkung die Pfanne stets gegen das sogenannte Pendel (Stoß) 4 gedrückt wird. Aus der Abb. 388 ist ersichtlich, daß die Teile 1 bis 6 als Kniehebel wirken. Die den Prägring *r* tragende Stange *s* erhält geringe Vertikalverstellung, zufolge welcher der Prägring die Stempel, beziehungsweise die Münze, im Augenblicke der Prägung umschließt, nach erfolgter Prägung aber sinkt und die Münze dem Abstreicher freigibt.

Die Zuführung der Münzplatte zwischen die Prägstempel, sowie das Abstreifen der fertigen Münze erfolgt vollständig selbsttätig. Uhlhorn's Prägmaschine ist eine der ersten selbsttätig oder automatisch wirkenden Arbeitsmaschinen und beansprucht in diesem Sinne auch historisches Interesse.[2])

[1]) Für leichte Stanzarbeiten liefert das Mannigfachste und Vorzüglichste wohl Bliß & Williams in Brooklyn N. Y.; bewährte Stanzmaschinen (Ziehpressen) für Eisenblechgeschirr-Erzeugung baut L. Schuler in Göppingen und sehr kräftige Ziehpressen mit hydraulischem Antrieb Topham & Co. in Wien, X. Bez. Diese Firma baute auch als erste in Österreich die S. 351 beschriebenen Friktionspressen.

[2]) Siehe Prechtl's Technologische Enzyklopädie, Bd. 10, S. 255, Taf. 212 und 213. Es sei bei dieser Gelegenheit überhaupt auf dieses klassische Werk aufmerksam gemacht, welches wohl teilweise veraltet ist, aber infolge der Gediegenheit seiner Mitteilungen nach mancher Richtung bleibenden Wert besitzt.

6. ABSCHNITT.

Geraderichten und Biegen von Draht, Rundeisen, Blech, Röhren und Holz.

Geraderichten ist ein Biegen aus der Krümmung in die Gerade — Biegen ein Umformen aus der Geraden in eine bestimmte Krümmung; beide Operationen sind verwandt und erheischen einen gewissen Fluß der Massenteilchen. Soll ein gekrümmter Stab gerade gerichtet werden, so ist zu bedenken, daß auf der konvexen Seite die Länge des Stückes (Bogenlänge) eine größere ist als auf der konkaven, das Geraderichten daher in einem Gleichmachen der Bogenlängen bestehen muß. Will man das Geraderichten mit dem Hammer erzielen, so muß man trachten, durch die auf die konkave Seite gerichteten Schläge diese zu strecken. Nur dann, wenn die Hammerbahn im Vergleiche zur Bogenlänge des zu richtenden Stückes groß ist, wird es möglich sein, zwischen dieser und der Amboßbahn ein Geradequetschen durch einen gegen die konvexe Seite geführten Schlag zu erzielen. Das Geraderichten eines

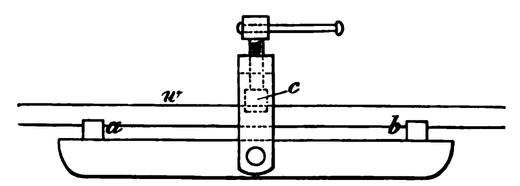


Abb. 389. Schraubenpresse, zum Geraderichten.

dickeren, z. B. für eine Transmissionswelle bestimmten Rundeisens, kann mit dem Hammer deshalb nicht gut erzielt werden, weil die gebräuchlichen Hämmer in den äußeren Schichten des Materials Spannungen zurücklassen, welche bei der weiteren Bearbeitung durch das Abdrehen dieser Schichten entfernt werden, worauf häufig von neuem eine Krümmung eintritt.

Weit besser eignet sich eine Schraubenpresse, Abb. 389, welche aus einem kräftigen Balken und damit verbundener Flasche besteht. Die Welle *w* ist durch *ab* gestützt und wird bei *c* durch die Druckschraube gedrückt, bis das zwischen *ab* liegende Wellenstück gerade ist. Durch Verschiebung dieser Vorrichtung längs der Welle und wiederholtes Pressen findet das Geraderichten statt.

Mittelst einer kräftigen Schleppzangenziehbank unter Anwendung eines Hartgußzieheisens, welches nur sehr wenig streckend oder nur schabend wirkt, kann auch das Geraderichten dicker Rundstäbe erfolgen. Die sinnreichste Methode aber ist bei der von Ehrhardt in Düsseldorf eingeführten Geraderichtmaschine angewendet, bei welcher drei Walzen mit balligem Walzenbunde so wirken, daß der gerade zu richtende Stab in rasche Rotation versetzt und zugleich in seiner Längsrichtung durch die Maschine gezogen wird. Die Berührungspunkte der Walzen liegen in einer Schraubenlinie, welche auf dem Stabe gedacht werden kann, und die Neigung der Walzen entspricht

der Steigung dieser Schraube. Zwei dieser Walzen oder Scheiben befinden sich an einer Achse, sie sind entsprechend stellbar und überdies sind Führungsschienen für den Stab vorhanden. Die beiden Achsen der drei Scheiben (Walzen) liegen etwas windschief.

Zum Geraderichten von Draht bedient man sich gewöhnlich der sogenannten **Drahtdressur**, Abb. 390, einer Vorrichtung, welche aus mehreren Röllchen besteht, in deren Umfangsrillen sich der Draht einlegen kann. Die Röllchen *1* bis *4* haben festgestellte Achsbolzen, während jene Bolzen, auf welchen die Röllchen *1'* bis *4'* laufen, auf stellbaren Schiebern montiert sind. Man stellt gewöhnlich die Rollen *1*, *2* und *1'* so ein, daß durch ihre Einwirkung der Draht stärker durchgebogen wird, um sämtliche Krümmungen in eine Ebene zu bringen, durch die Wirkung der folgenden Rollen findet das Geraderichten statt. Der Draht wird durch die Dressur gezogen.

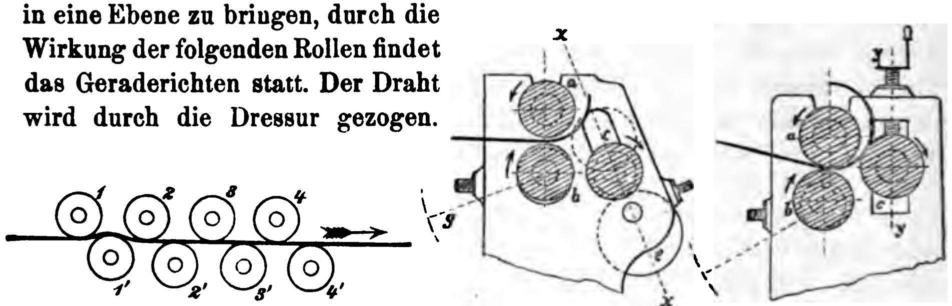


Abb. 390. Drahtdressur. Abb. 391. Blechbiegemaschinen.

Von ähnlicher Einrichtung sind auch die **Geraderichtmaschinen für Blech**, nur sind die Röllchen durch **Walzen** ersetzt, von welchen mindestens die unteren angetrieben sind. Auch hier wirken die ersten drei (oder fünf) Walzen biegend, die folgenden erst geraderichtend ein.

Blechbiegemaschinen haben je nach dem Zwecke, beziehungsweise der Form der Biegung sehr verschiedenen Bau. Soll Blech in die Form eines Zylinders (einrollen) oder eines Zylindersegmentes (runden) gebracht werden, so bedient man sich gewöhnlich dreier Walzen mit parallelen Achsen, welche verschieden angeordnet sein können.

Für die Bearbeitung **dünnen Bleches**, wie es die Klempner verarbeiten, werden die Walzen nicht selten so angeordnet, wie dies Abb. 391, I und II, zeigt. Die Walzen *a* und *b* sind die Einziehwalzen, welche das Blech zu fassen und gegen die Biegewalze *c* zu führen haben. Damit das Fassen richtig, d. h. mit dem genügenden Drucke erfolgt, muß eine dieser Walzen stellbar sein. Bei den skizzierten Anordnungen ist es die untere Walze, und ist dieselbe in exzentrischen Lagern, welche verdreht werden können, gelagert. Der Arm, welcher die Drehung des Lagers bewirkt, ist punktiert angedeutet. Die Biegewalze *c* wird in Abb. 391, I, durch Exzenter *e* im schiefen Schlitze, also in der Richtung *xx* gehoben; während in Abb. 391, II, die Verstellung nach *yy* durch Stellschrauben erfolgt. Wird die Biegewalze so weit gehoben, daß sich das Blech um Walze *a* zum Rohre wickelt, so

muß, wenn diese Arbeit erfolgt ist, die Walze *a* samt dem herumgewickelten Blechrohre aus ihren Lagern gehoben und das Rohr abgezogen werden können.

Bei so leichten Konstruktionen, wie dieselben bei den Klempnermaschinen vorkommen, verursacht dies keine nennenswerten Schwierigkeiten, weil hier die Kraft des Arbeiters völlig ausreicht; ganz anders stellt sich aber diese Aufgabe, wenn die Walze *a* 2 bis 4 *m* lang, 300 bis 500 *mm* dick ist, demnach viele Zentner wiegt. Hier muß eines der Lager entfernt und die Walze in der Nähe des zweiten Lagers so unterstützt werden, daß sie freitragend wird und das Abziehen des gebildeten Rohres möglich wird.

Die Blechbiegemaschinen für Kesselblech sind häufig so eingerichtet, daß zwei Walzen in festen Lagern und in gleicher Höhe liegen —•—•—•—; über diese beiden Walzen kommt das zu biegende Blech zu liegen. Die Biegung erfolgt durch eine dritte mittlere Walze, welche vertikal verstellt werden kann. Die unteren Walzen sind die getriebenen, die obere die Schleppwalze. Der hohe Druck, welchen die obere Walze ausüben muß, wird von einer horizontalen Achse abgeleitet, an welcher im Abstande der beiden Lager zwei Schnecken (Schrauben ohne Ende) sitzen; diese wirken auf zwei Schrauben- oder Schneckenräder, in welche die Muttergewinde zur Betätigung jener Schraubenspindeln eingeschnitten sind, welche mit den Lagern verbunden diese niederziehen. Hierbei stützen sich die Schraubenräder an entsprechende Flächen des Gestelles. Soll die Biegung gleichmäßig erfolgen, so muß der Abstand der unteren Walzen ein geringer sein. (Vgl. Hart, Werkzeugmaschinen.)

Die mechanischen Verhältnisse beim Blechbiegen hat Dr. Paul Ludwik in einer ausführlichen Abhandlung[1]) auf Grund vielfacher Versuche dargelegt und seien die wichtigsten Ergebnisse mitgeteilt.

Ist d der Abstand der Achsen der beiden unteren Walzen und P der Vertikaldruck der oberen Walze, so ist das Biegemoment $M = \frac{Pd}{4}$. Wird die Blechbreite mit b, die Blechstärke mit h, die Blechlänge mit l bezeichnet, so ist das Blechvolumen $b\,h\,l = V$. Der Krümmungsradius des bleibend gebogenen Bleches sei ϱ, die durch den Zugversuch bestimmte Streckgrenze des Materiales σ_s, so ist das Biegemoment M und die Biegearbeit A annähernd gegeben durh:

$$M = \frac{Pd}{4} = 0{\cdot}3\ b h^2 \sigma_s$$

$$A = 0{\cdot}3 \frac{h}{\varrho} V \sigma_s = 0{\cdot}3\ b h^2 \frac{l}{\varrho} \sigma_s.$$

Für genauere Berechnungen ist σ_s noch durch ein von $\sqrt{\frac{h}{\varrho}}$ und der Form des Zugdiagrammes beeinflußtes Zusatzglied zu ergänzen.

[1]) Techn. Blätter 1903, S. 133 bis S. 159.

Biegen von Blech im Winkel. Soll Blech längs einer Geraden im Winkel gebogen werden, so kann dies, von Hammer und Amboß u. dgl. abgesehen, durch die Falzzange und die Deckschaufel geschehen. Dieser einfachen Werkzeuge bedient sich der Klempner für die Herstellung der stehenden und liegenden, einfachen und doppelten Falze (Abb. 392). Mit der Falzzange, Abb. 393, kann ein Fassen und Umbiegen des Blech-

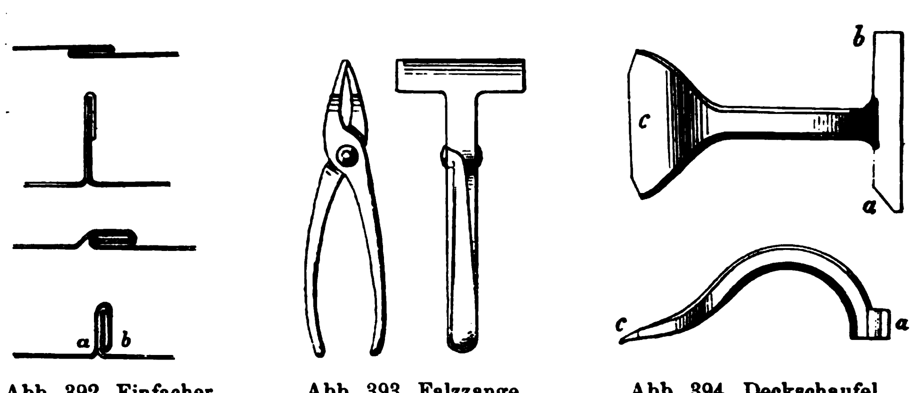


Abb. 392. Einfacher und doppelter Falz. Abb. 393. Falzzange. Abb. 394. Deckschaufel.

randes erfolgen. Um die Kante *c* der Deckschaufel, Abb. 394, kann bei Mitverwendung des Hammers ein Biegen im spitzen Winkel, um die Schiene *ab* im rechten Winkel erfolgen, wobei die Deckschaufel an dem krummen Schafte gehalten und entweder mit *ab* oder *c* parallel zum Blechrande angelegt wird. Gegenwärtig macht man von der Deckschaufel bei Dachdeckung fast nur zum Schließen der stehenden Falze Anwendung.

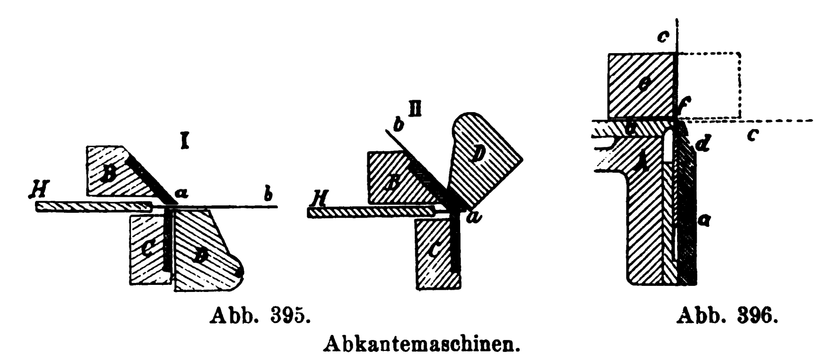


Abb. 395. Abb. 396.

Abkantemaschinen.

Das Biegen parallel zur Kante der Blechtafeln wird fast immer maschinell besorgt und stehen verschiedene Abkantemaschinen in Gebrauch, deren Wirkungsweise die Abb. 395 und 396 andeuten.

Das Wesentliche besteht darin, daß die Blechtafel in einer schraubstockähnlichen Einspannvorrichtung parallel zur Kante geklemmt wird und der vorstehende Teil des Bleches durch einen drehbaren Backen, Biegeschiene, längs der Einspannkante umgebogen wird. Um dies tunlichst scharf zu

erreichen, muß die Biegeschiene um die Einspannkante (dicht an derselben) drehbar sein. Das rasche Einspannen in bestimmter Entfernung vom Blechrande wird durch eine stellbare Anschlagschiene erreicht.

In Abb. 395, I und II, sind *B*, *C* die Einspannbacken, *H* die Anschlagschiene, *D* die Biegeschiene oder Biegewange, *ab* ist das zu biegende, beziehungsweise gebogene Blech. In Abb. 396 ist *a* und *b* die Einspannvorrichtung, *e* die Biegeschiene, welche den vorstehenden Teil des Bleches *c* aus der vertikalen in die horizontale Lage bringt, wobei die Biegeschiene, in der Uhrzeigerrichtung gedreht, in die punktierte Lage gelangt.

Die Abkantemaschinen lassen sich in der mannigfachsten Weise abändern und stehen in vielfacher Verwendung.

Das Biegen von Röhren.

Sollen Röhren gebogen werden, so muß das Einknicken an der Biegungsstelle durch Ausfüllen des Rohres mit Blei, Pech, feinem Sande oder Wasser verhindert werden. Wasserfüllung wird selten angewendet, weil dasselbe

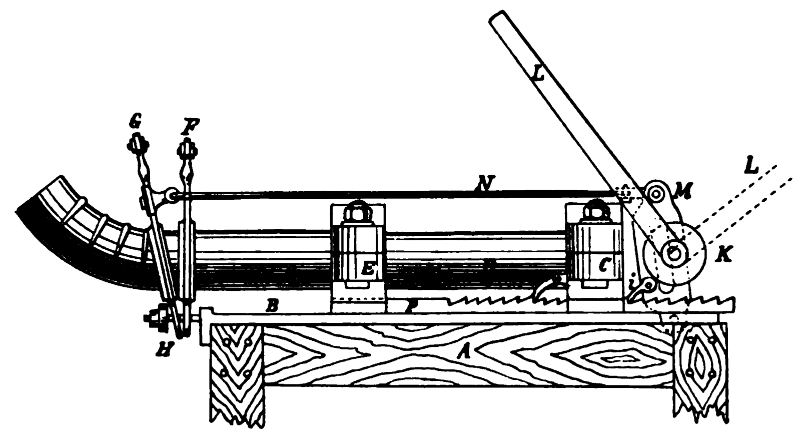


Abb. 397. Knieblechröhren-Biegemaschine.

sehr schwer abzudichten ist. Am gebräuchlichsten ist die Ausfüllung mit Pech. Man verschließt das eine Rohrende, gießt geschmolzenes Pech ein, läßt erkalten und biegt sodann um entsprechend festgestellte Dorne. Je nach den Dimensionen des zu biegenden Rohres bedient man sich auch mechanischer Hilfsmittel, Winden, Flaschenzüge u. a. m.

Um kreisförmige oder schraubenförmige Biegungen zu erzielen, wie letztere zu Kühlschlangen nicht selten gebraucht werden, kann man **Röhrenbiegemaschinen** verwenden. Diese Maschinen arbeiten mit drei Scheiben, deren Umfang einer Seilrolle ähnlich genutet ist. Gewöhnlich sind zwei dieser Scheiben fix gelagert, die dritte ist verstellbar. Die Anordnung ist verwandt mit der S. 355 beschriebenen Biegemaschine für Blech, nur liegen die Scheibenachsen vertikal. Für schraubenförmige Biegung stehen die Achsen der Steigung der Schraube entsprechend schief gegeneinander. Ein Ausfüllen des Rohres mit Pech ist bei diesem Biegen nicht erforderlich.

Auf einem völlig anderen Prinzipe beruht das Biegen der Knieblechröhren, denn hierbei werden in das Rohr regelmäßige keilförmig verlaufende Falten gedrückt und dadurch die Biegung erzielt. Abb. 397 zeigt die hierzu dienliche Maschine. Die regelmäßige Faltenbildung bewirkt ein Zangenapparat. Das auf den kräftigen Dorn *D* aufgeschobene, gegen die bewegliche Docke *E* sich stützende Eisenblechrohr wird von der feststehenden Zange *F* gehalten und ragt über den Dorn vor. Die Zange *G* ist beweglich und in der gezeichneten Lage (Abb. 397) bringt man ihre Zangenbacken durch Schluß der Zange so zur Wirkung, daß sich der obere Backen in das Rohr eindrückt. Zieht man hierauf den Hebel *L* nach rechts, so vermitteln die Teile *M*, *N* eine Rechtsdrehung der Zange *G* und diese schiebt eine Blechfalte gegen die fixe Zange *F*. Bei dem nächsten Linksgange des Hebels *L* schiebt der Sperrkegel *i* die Stange *P* und Docke *E* um eine Zahnlänge nach links, wodurch auch das an *E* sich stützende Blechrohr verschoben wird; damit dies leicht geschehen kann, müssen beide Zangen zuvor geöffnet werden. Bei der Verschiebung der Docke *E* nach links gelangt gleichzeitig Zange *G* in die gezeichnete Stellung. Es werden beide Zangen geschlossen und die nächste Falte gebildet usw.

Auswechslung der Zahnstange und Einstellung bei *H* gestattet Änderung des Faltenabstandes und demnach größere oder kleinere Krümmung.

Für zahlreiche spezielle Aufgaben der Massenfabrikation sind besondere Biegevorrichtungen in Anwendung, mittelst welcher die Biegung von Drähten und Blech zu ganz bestimmten Formen in kürzester Zeit durchgeführt wird. Manche dieser Vorrichtungen sind zu vollständig automatisch wirkenden Maschinen ausgebildet, so z. B. die Maschinen für die Erzeugung der Hafteln.

Das Biegen des Holzes.

Das Biegen frischen Holzes gelingt bis zu einem gewissen Grade nicht schwer und kann die erlangte Biegung durch Erhitzen an der Biegungsstelle durch entsprechend einwirkende freie Flamme oder durch scharfes Trocknen erhalten werden. Vollkommener ist jener Vorgang, welcher bei Herstellung der Möbel aus gebogenem Holze beobachtet wird. Das hierzu meist verwendete Rotbuchenholz wird zu Brettern und Latten geschnitten, weiter zugearbeitet, hierauf gedämpft und gebogen. Das Biegen erfolgt über eiserne Formen, wobei an die Außenseite der zu biegenden Latte ein Bandeisen angelegt und mit gebogen wird, damit die gespannte Faser Stützung findet und Einreißen oder Spalten vermieden ist. Zum Biegen selbst ist eine entsprechende Zugvorrichtung in Verwendung. Das um die Form gebogene Holz wird an derselben sofort während des Biegens durch Zwingen (Leimzwingen) befestigt und mit der Form in den Trockenofen gebracht. Nach erfolgter Trocknung ist die Biegung eine bleibende und können die gebogenen Stücke von den Formen genommen werden.[1])

---

[1]) Siehe Exner-Lauboeck, Das Biegen des Holzes. Weimar 1893.

7. ABSCHNITT.

Abscheren, Lochen, Perforieren.

Denken wir uns zwei sich berührende Platten $p_1 p_2$, Abb. 398, mit gegenüberliegenden Vertiefungen versehen und den so gebildeten Hohlraum durch eine Masse *m* von geringerer Härte als jene des Materials der Platten **dicht** ausgefüllt, so wird bei relativer Verschiebung der Platten ein **Abschieben** des in der einen Platte befindlichen Teiles der Masse *m* von dem in der zweiten Platte befindlichen eintreten, Abb. 399. Gemeiniglich bezeichnet man diese Wirkung als **abscheren**, wohl auch als **schneiden**. Die Flächen, mit welchen beide Platten einander berühren, können **ebene** Flächen, sie können jedoch auch **Rotationsflächen** beliebiger Erzeugender oder **Zylinderflächen** beliebiger Leitlinie sein. Bedingung ist nur, daß sich beide Plattenflächen bei der relativen Verschiebung stets innig berühren.

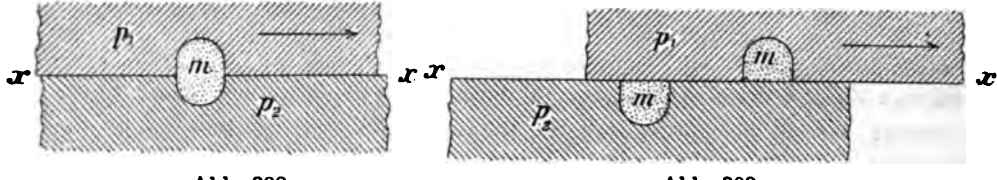


Abb. 398. Abb. 399.

Deshalb kann auch die Teilungsfläche der Masse *m* (Schnittfläche, Scherfläche) eine Ebene, Rotations- oder Zylinderfläche sein. Je inniger der **allseitige Umschluß** des abzuschiebenden oder abzuscherenden Körpers ist, um so weniger treten andere Formänderungen als sekundäre Erscheinungen hinzu, desto vollkommener ist die abscherende Wirkung.

Alle jene Werkzeuge, welche **Scheren** heißen, beabsichtigen abschiebende, abscherende Wirkung, erreichen sie aber, wie dies gewöhnlich der Fall ist, nicht vollkommen, weil der allseitige Umschluß des zu schneidenden Stückes fehlt.

Zumeist bestehen die Scheren aus zwei steifen Platten, „Blättern", welche sich dicht aneinander hinbewegen und mit ihren Druckflächen auf das Werkstück einwirken, ohne dasselbe zu umschließen.

Das abzuscherende Werkstück *W*, Abb. 400, ruhe auf der im Querschnitt gezeichneten Platte *B* und sei sonst noch entsprechend gehalten, die Platte *A* bewege sich in der Richtung des Pfeiles. Eine annähernd abscherende Wirkung kann nur eintreten, wenn die Seitenfläche *aa* des einen Backens dicht an der Seitenfläche *bb* des zweiten Backens hinstreicht, diese Flächen seien im folgenden der Kürze wegen **Scherflächen** genannt. Ist zwischen den Scherflächen *aa* und *bb* ein Spielraum (Abb. 401), so wird das Werkstück *W* auf Biegung in Anspruch genommen; und zwar findet ein Abbiegen nach unten statt, wenn das Stück an *B* gehalten ist, wie dies der Pfeil *p* andeuten soll; nach oben, wenn dasselbe rechts von *A* gehalten wird.

Über den inneren Vorgang in der deformierten Masse geben die Abb. 12, 13, S. 12, und Abb. 402 Aufschluß, wobei hervorzuheben ist, daß bei Abb. 13 die Platte A den Zuschärfungswinkel von 90°, in Abb. 12 und

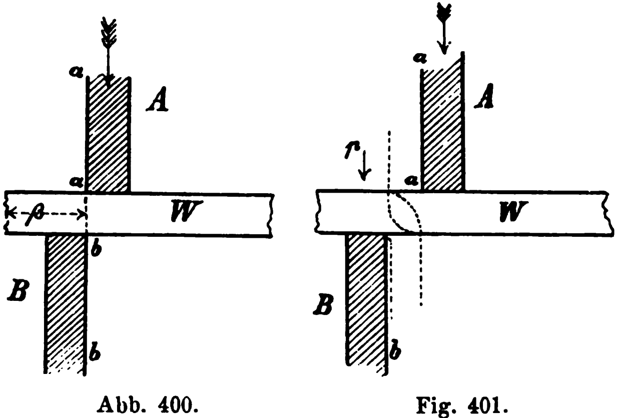


Abb. 400. Fig. 401.

402 den Zuschärfungswinkel von 45° besaß. Der Unterschied in der Formänderung besteht nur darin, daß im ersteren Falle eine gewisse Menge des Materials der obersten Schichten durch die Druckfläche der Platte niedergeführt wird, über welche das Abgleiten der Materialteilchen erfolgt, während bei kleinem Zuschärfungswinkel das Abgleiten unmittelbarer an der Druckfläche des Scherblattes erfolgt. Die Schichtenverschiebungen, wie sie unsere Abbildung andeutet, ergeben sich bei allen bildsamen, beziehungsweise den knetbaren und den hämmerbaren Materialien; reines Abschieben oder Abscheren findet nicht statt. Der abgeschnittene Streifen zeigt, wenn er nur wenig breiter als die Dicke ist, stets eine sehr merkliche Verkrümmung und Verquetschung. Erst dann, wenn die Breite des abgeschnittenen Stückes, β Abb. 400, vielmal größer als die Dicke des Werkstückes ist, verschwindet die formändernde Wirkung des Fließens insofern, als sie nur bei genaueren Messungen wahrnehmbar ist. Nie ist die Trennungs- und Schnittfläche genau normal.

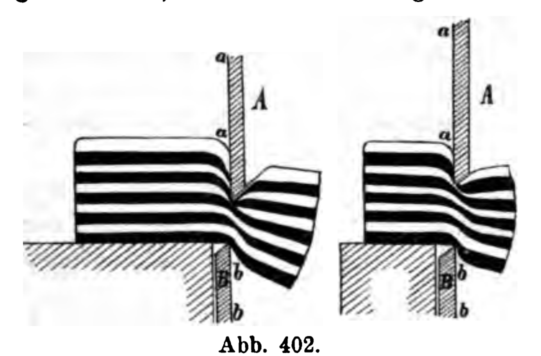


Abb. 402.

Prof. Alexander Rejtö hat in seinem Werke: „Die innere Reibung der festen Körper“, Leipzig 1897, den Vorgang beim Abscheren in folgender Weise aufgefaßt:

Abb. 403 stellt in B_1 B_2 die beiden Scherbacken dar, von welchen Pressungen auf das Material ausgeübt werden. Diese Pressungen sind im Raum 1, 2, 3, 4 einander entgegengesetzt.

Die schraffierten Materialpartien erhalten die Tendenz, in der Richtung der Pfeile *pp* auszuweichen. Das zwischen diesen Materialpartien im Raum *a c b e*, Abb. 404, liegende Material wird beim Abscheren gezerrt, auf Zug beansprucht; denn geht Abb. 404 in Abb. 405 über, so verwandelt sich die Gerade *a e* in die Kurve *a' e'*, ebenso *c b* in *c' b'*, und weil *a' e'* länger als *a e* und ebenso *c' b'* länger als *c b* ist, so findet die oberwähnte Beanspruchung

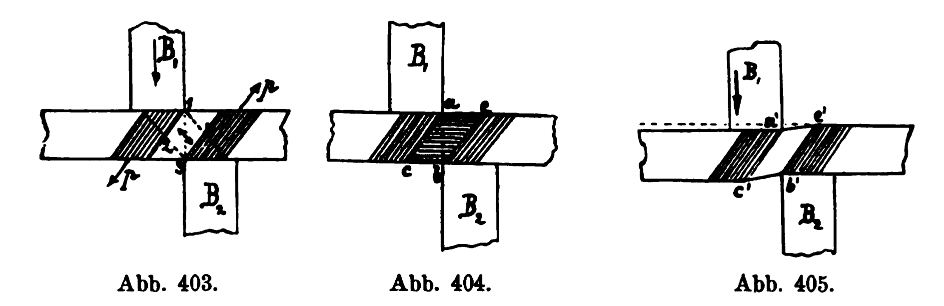


Abb. 403. Abb. 404. Abb. 405.

auf Zug statt; *a c b e* wird schließlich abgerissen. Diese Betrachtungsweise schließt sich sehr gut an das von uns Gesagte an. Rejtö führt die Arbeit des Scherens auf den Zug auch rechnungsmäßig zurück.

Der Grund, warum man den Scherblättern Zuschärfungswinkel anschleift, welche kleiner als 90^0 sind, ist weniger darin zu suchen, daß hierdurch das Schneiden (Abscheren) als solches erleichtert würde, als vielmehr

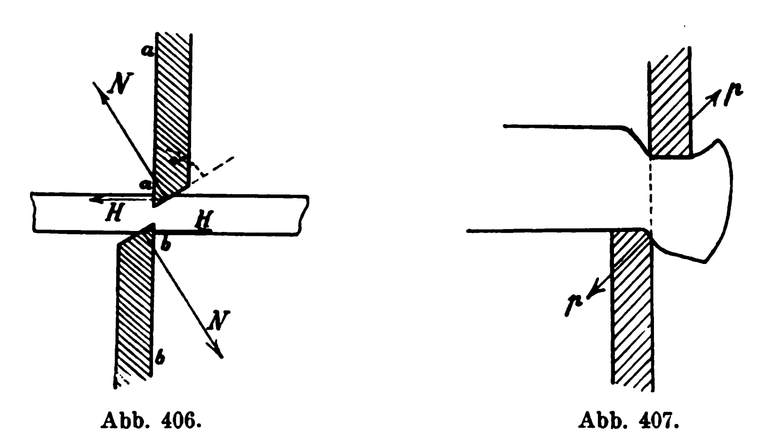


Abb. 406. Abb. 407.

darin, daß durch die spitzwinklige Zuschärfung horizontale Komponenten *H*, Abb. 406, der Normaldrücke *N* auftreten, welche die Scherblätter gegen einander pressen, wodurch ein richtiges Berühren der Seitenflächen *aa* und *bb* befördert wird, die Schneidkanten daher scharf aneinander vorüberstreichen.

Bei senkrechtem Anschliffe, wenn nicht sehr exakt ausgeführt, würden sich leicht Abrundungen der Kanten einstellen, welche Reaktionen ergeben müßten, die ein Auseinanderdrücken der Scherbacken nach Abb. 407 zur Folge hätten.

Aus diesen Gründen verwendet man mit Recht Zuschärfungswinkel, welche kleiner sind als 90°. Man macht diese Winkel (α Abb. 406) bei Metallscheren zwischen 79 und 87°, bei Zeug- und Papierscheren zwischen 75 bis 85°, bei Kreisscheren für Spengler 75 bis 87°. Man könnte fragen, warum man nicht spitzere Zuschärfungswinkel anwendet. Der Grund hiervon liegt darin, daß bei spitzeren Winkeln zu leicht ein Scherblatt mit seiner Schneidkante in die Schneide des zweiten Scherblattes eindringt, wie dies aus späteren Betrachtungen klar werden wird. Eine Schere als die Verbindung zweier Messer anzusehen, ist technologisch verfehlt. Bei jeder Schere, welche ihrer Aufgabe entsprechen soll, müssen die inneren Kanten der Druckflächen oder kurz die Schneiden dicht aneinander vorübergehen; es müssen sich bei Scharnier- und bei Federbügelscheren (Papierscheren,

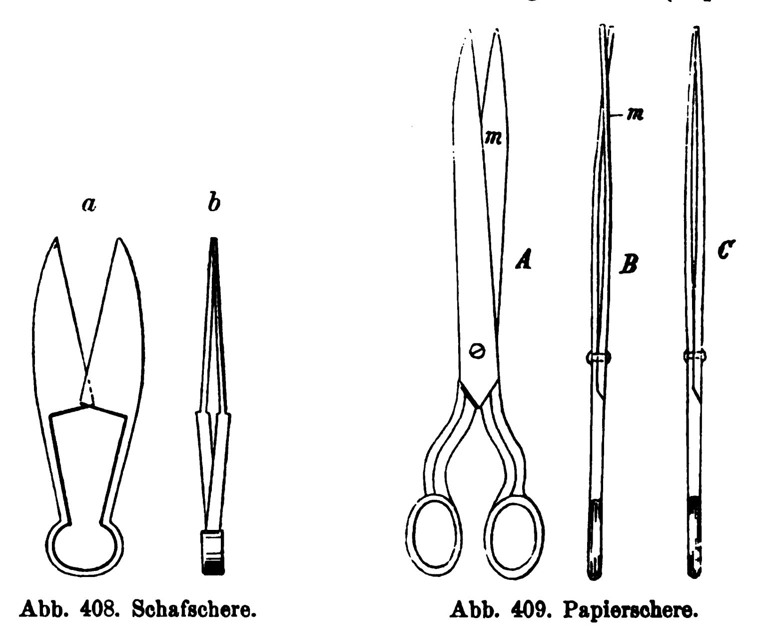


Abb. 408. Schafschere.

Abb. 409. Papierschere.

Schafscheren usw.) die Schneiden in jenem Punkte innig berühren und mit einem gewissen Drucke gegeneinander gepreßt sein, wo sich die Schneiden jeweilig kreuzen.

Diese Bedingungen erheischen je nach der Bestimmung der Schere und ihrer Bewegungsweise entweder eine sehr exakte Vertikalführung oder Drehbewegung des oberen Scherblattes, bei festem unteren Blatte, derart, daß die Scherflächen oder die inneren, einander zugekehrten Seitenflächen beider Blätter stets tunlichst genau in eine Ebene fallen, sich stets berühren; oder es können beide Blätter gleich beweglich gemacht sein, aber doch völlig steif (unelastisch) und derart drehbar, daß sich die Scherflächen dicht aneinander schließen oder es können die Scherflächen beider Blätter eine ganz geringe Neigung von der Bewegungsebene gegen auswärts erhalten, in welchem Falle die Berührung der Schneidbacken aneinander nur an

der jeweiligen Kreuzungsstelle beider Backen erfolgt, aber hier infolge der die Scherbacken gegeneinander drückenden Widerstände NN, Fig. 406 desto inniger und zuverlässiger, oder endlich es kann in dem Körper der Schere durch entsprechende Formung („Schränkung") eine elastische Spannung — die Spannung bei der Schere — derart gelegt sein, daß sich jene Seitenflächen nur in dem Punkte innig berühren, in welchem sich die Schneiden kreuzen; hierbei kann auch ein geschickter Gebrauch der Schere die Wirkung derselben wesentlich fördern, wenn durch Abnutzung der Niete die erwähnte Spannung nachgelassen hat.

Zu den Scheren dieser letzten Gruppe gehört die Schafschere, Abb. 408, und die Papierschere, Abb. 409. Unsere Figuren zeigen unter b und C diese Scheren in der Seitenansicht im geschlossenen Zustande und man

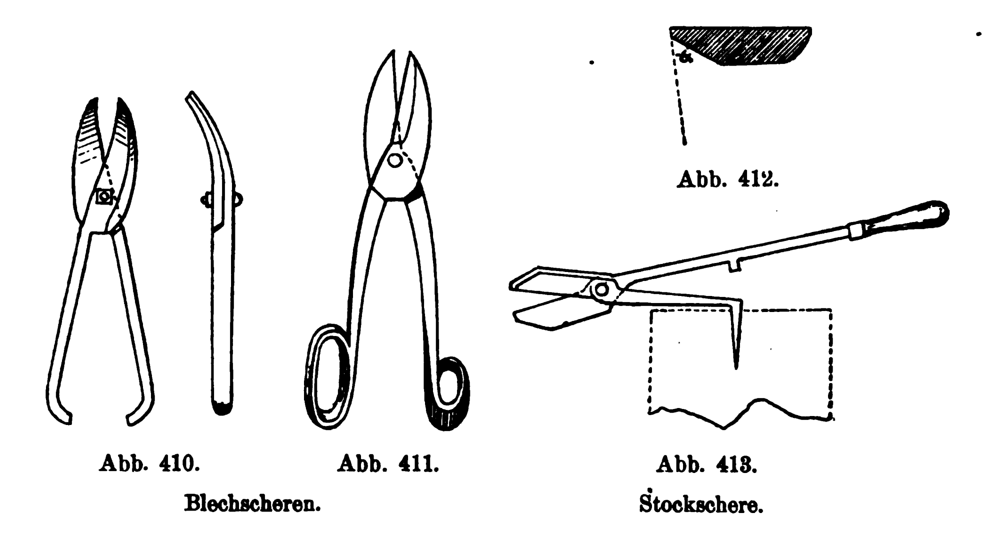


Abb. 412.

Abb. 410. Abb. 411.
Blechscheren.

Abb. 413.
Stockschere.

sieht, daß die Scherblätter in dieser Lage nur an der Spitze aneinander liegen. Sie sind aber in einem Spannungszustande, bei der Papierschere bedingt durch die Niete und die gekrümmte (hohle) Form der Blätter, bei der Schafschere durch die entsprechend entwickelte Spannung des Federbügels. Öffnet man diese Scheren, und betrachtet dann in der Seitenansicht die Lage der Schneidkanten (Abb. 409 B), so schneiden sich ihre Projektionen und beim Schließen der Schere berühren sich die Schneiden, sowie die Scherflächen nur in dem jeweiligen Kreuzungspunkte m Abb. 409 A, liegen aber dort mit entsprechendem Druck aneinander an. Wären die Zuschärfungswinkel zu spitz, so könnte es leicht eintreten, daß die Schneiden an irgendeiner Stelle ineinander eindringen. Um dies zu hindern, müssen die beiden Scherblätter auch ganz gleiche Härte besitzen, eine Anforderung, welcher der Messerschmied sorgfältig nachzukommen hat.

Derlei Scheren sind bestimmt, Materialien von geringer Dicke und geringem Abscherungswiderstande zu zerschneiden; sowie aber Dicke und

Widerstand wächst, so sind auch die Scherblätter völlig steif auszuführen und die Scherflächen zwangläufig dicht aneinander zu bewegen.

Bei den Papierquerschneidemaschinen Konstruktion Verny muß das bewegliche, schwingende Scherblatt nicht nur etwas gewunden sein, sondern es muß sich auch mit einer elastischen Spannung an den festen Scherbacken anlegen, ganz ähnlich, wie dies bei den Papierhandscheren geschieht, sonst findet kein richtiges Schneiden statt.

Ähnlich den Papierscheren sind auch die bei den Kupferschmieden noch in Gebrauch stehenden Handscheren konstruiert, welche zum Schneiden dünnen Kupferbleches (bis 2 *mm* Dicke) benutzt werden. Die Länge der Scherblätter beträgt bis 40 *cm*, die Gesamtlänge der Schere bis 1 *m*.

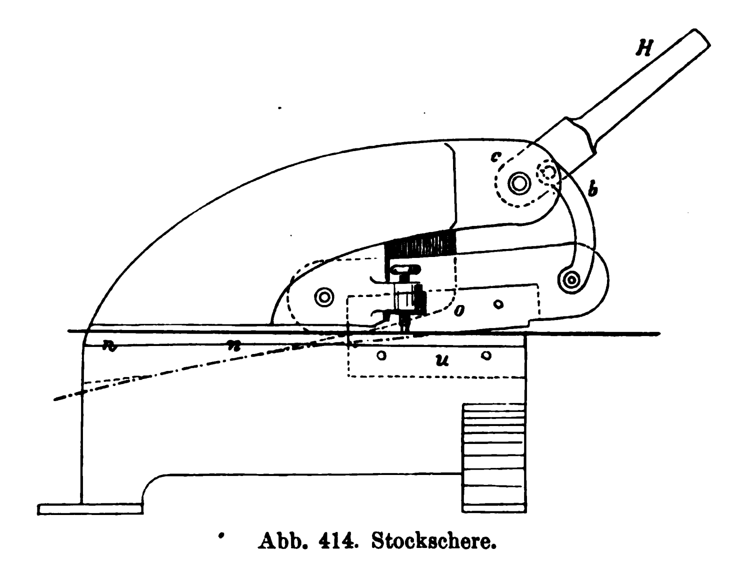


Abb. 414. Stockschere.

Abb. 410 zeigt eine Handblechschere, Metallschere, gewöhnlicher Form, aber mit gekrümmten Scherblättern zur Ausführung krummer Schnitte, Abb. 411 eine Metallschere mit wesentlich praktischerem Griffe und sollten alle kleinen Metallhandscheren in dieser Weise ausgeführt sein. Abb. 412 gibt den Normalschnitt durch das Scherblatt der in Abb. 411 gezeichneten Schere.

Eine kleine Stockschere ist in Abb. 413, eine größere in Abb. 414 dargestellt. Bei der ersteren muß das zu schneidende Blech an das obere feste Scherblatt angelegt werden, weil hier das untere Blatt das bewegliche ist. Ihrer Billigkeit wegen findet sich diese Schere häufig, doch ist ihr Gebrauch unbequem und kann nur dünnes Blech auf ihr geschnitten werden. Die Konstruktion, welche Abb. 414 darstellt, zeichnet sich nicht nur durch doppelte Hebelübersetzung, sondern auch durch die geradezu geniale Konstruktion des Ständers aus, welche den beiden Schnitteilen des Werkbleches gestattet, ohne Verkrümmung der Schnittkanten dem Gestelle auszuweichen. Einerseits geschieht dies längs der Nut *nn*, anderseits nach unten zu an

der Wange vorüber, wie dies die Punktierung in Abb. 414 andeutet. Die vertikale Schraube dient dazu, beim Hub des oberen Scherblattes das Blech abzustreifen oder nieder zu halten, eine zweite horizontale in unserer Abbildung nicht sichtbare Schraube hat den Zweck, das bewegliche Scherblatt stets gehörig zur Berührung mit dem festen Blatte zu bringen. Der größte Kreuzungswinkel beträgt 15°. Die Hebelkombination gestattet ein Umsetzungsverhältnis von 1 : 24 bis 1 : 125, ein Arbeiter mit 10 *kg* am Hebel *H* wirkend, übt daher in der Schere eine Pressung von 240 bis 1250 *kg* aus, je nach dem Orte, wo das Abscheren erfolgt. In der Mitte des Scherblattes beträgt das Umsetzungsverhältnis 1 : 47. Hebel *H* ist verkürzt gezeichnet

Bei allen Scheren mit Scharnier und geraden Schneiden ist der Winkel, welchen beide Schneiden miteinander einschließen, variabel und es wird Eisen nur dann sicher geschnitten und kein Hinausschieben des Werkstückes eintreten, wenn der Winkel gleich oder kleiner als 21° ist.

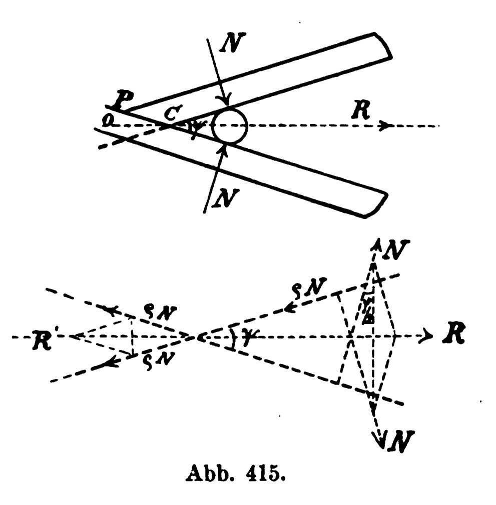


Abb. 415.

Betrachten wir eine Schere unter der Annahme, daß der Winkel, unter welchem sich die Schneiden kreuzen (der Kreuzungswinkel) so groß ist, daß das Werkstück nicht geschnitten, sondern aus der Schere hinausgeschoben wird, so liefern die Normaldrücke N eine den Winkel ψ Abb. 415 halbierende Resultierende R, welche durch die Gleichung

$$R = 2\ N \sin \frac{\psi}{2}$$

bestimmt ist. Dieser Kraft wirkt entgegen die Resultierende R' der Reibung ϱN an beiden Scherblättern. Nun ist

$$R' = 2 \varrho N \cos \frac{\psi}{2}.$$

Der Grenzfall, die hinausschiebende Kraft gleich der festhaltenden, ist durch die Gleichung $R = R'$ ausgedrückt und hierfür ist

$$2 \varrho N \cos \frac{\psi}{2} = 2 N \sin \frac{\psi}{2} \quad \text{oder} \quad \varrho = \operatorname{tg} \frac{\psi}{2},$$

und da der Reibungskoëffizient gleich der Tangente des Reibungswinkels ist, also $\varrho = \operatorname{tg} \varphi$, erhalten wir

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \frac{\psi}{2} \quad \text{oder} \quad \varphi = \frac{\psi}{2} \quad \text{oder} \quad \psi = 2 \varphi$$

Die letzte Gleichung sagt, daß der Kreuzungswinkel jedenfalls kleiner als der doppelte Reibungswinkel sein muß, wenn statt eines Schneidens nicht ein Hinausschieben erfolgen soll. Um sicher zu gehen, macht man ψ sogar

kleiner als den Reibungswinkel φ. Der Reibungswinkel φ von Stahl auf Eisen, beide blank und glatt, beträgt zirka 12°, der Kreuzungswinkel muß daher jedenfalls kleiner sein als 24°.

Man sieht leicht ein, daß der Kreuzungswinkel geradliniger Schneidkanten unter sonst gleichen Umständen mit der Breite des Scherblattes wächst und mit zunehmendem Abstand des Kreuzungspunktes vom Drehpunkte abnimmt. Stellt man sich die Aufgabe, den Kreuzungswinkel konstant zu machen, dann hat man beide oder auch nur die eine Schneidkante nach einer logarithmischen Spirale zu krümmen, weil diese Kurve die Eigenschaft besitzt, daß ihre Tangenten mit den Radiusvektoren konstante Winkel einschließen.

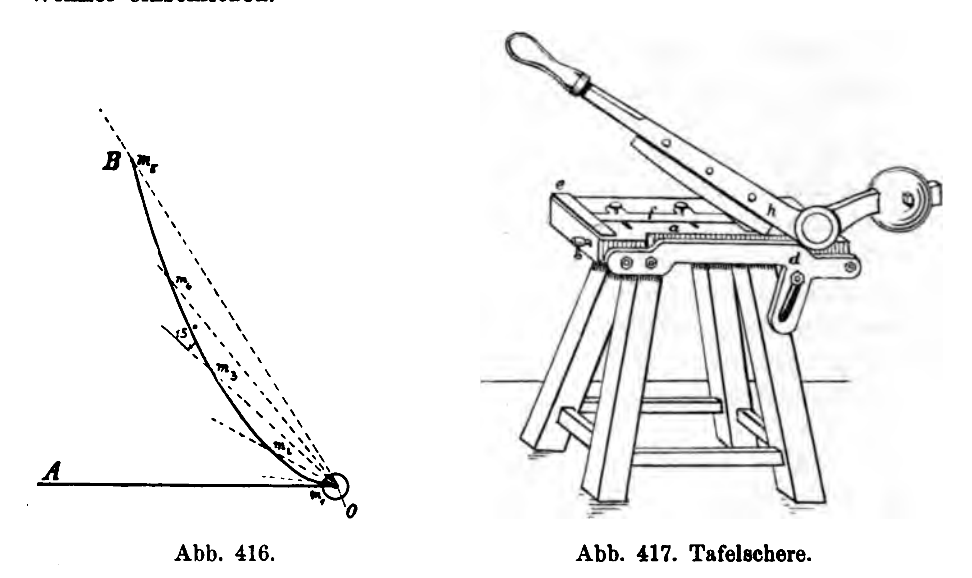


Abb. 416. Abb. 417. Tafelschere.

Für den zweiten, gebräuchlicheren Fall, in welchem nur eine der Schneidkanten als logarithmische Spirale gekrümmt wird, löst sich die Aufgabe in folgender Weise.

Die Gleichung der logarithmischen Spirale ist allgemein $u = a^{\varphi}$ und die Kotangente des Winkels ψ, welchen der Radiusvektor irgendeines Kurvenpunktes mit der Tangente in diesem Punkt der Kurve einschließt, ist gleich dem natürlichen Logarithmus von a. Sei z. B. der $\sphericalangle\, \psi = 15^0$, so ist $\text{cotg } 15^0 = 3{\cdot}732051 = \text{log. nat. } a$, daher $a = 41{\cdot}8$. Mithin ist auf jenem Radiusvektor, für welchen $\widehat{\varphi} = 1$ oder $\varphi^0 = 57{\cdot}3^0$ ist, vom Ursprunge 41·8mal die Länge des Radius des Grundkreises aufzutragen, dadurch erhält man den Punkt m_8 der Kurve OB Abb. 416. Weitere Kurvenpunkte ermittelt man für $\frac{\varphi}{2}, \frac{\varphi}{4}, \frac{\varphi}{8}$ usw., denn die diesen Winkeln zugehörigen Radien sind $\sqrt{41{\cdot}8}, \sqrt[4]{41{\cdot}8}, \sqrt[8]{41{\cdot}8}$ usw. Es lassen sich diese Radienvektoren auch leicht graphisch ermitteln. S. Kick: Die Mehlfabrikation, III. Auflage, S. 171—173.

Eine **Tafelschere** für Spengler zeigt Abb. 417. Das obere Schermesser ist nach einer logarithmischen Spirale gekrümmt. d und f sind stellbare Anschläge.

Für das Schneiden von dickem Blech, z. B. Kesselblech und Platten bedient man sich gewöhnlich der Scheren mit Parallelbewegung und wendet diese Führungsweise überhaupt bei solchen Scheren an, welche maschinell angetrieben werden. Die **Schnittgeschwindigkeit** beträgt 40 bis 50 *mm*. Es liegt das untere Scherblatt fest. Die Hubhöhe des oberen betrage h *mm* und n die minutliche Hubzahl der Schere, so ist

$$\frac{2\,hn}{60} = 40 \text{ bis } 50 \text{ oder } n = \frac{1200}{h} \text{ bis } \frac{1500}{h}.$$

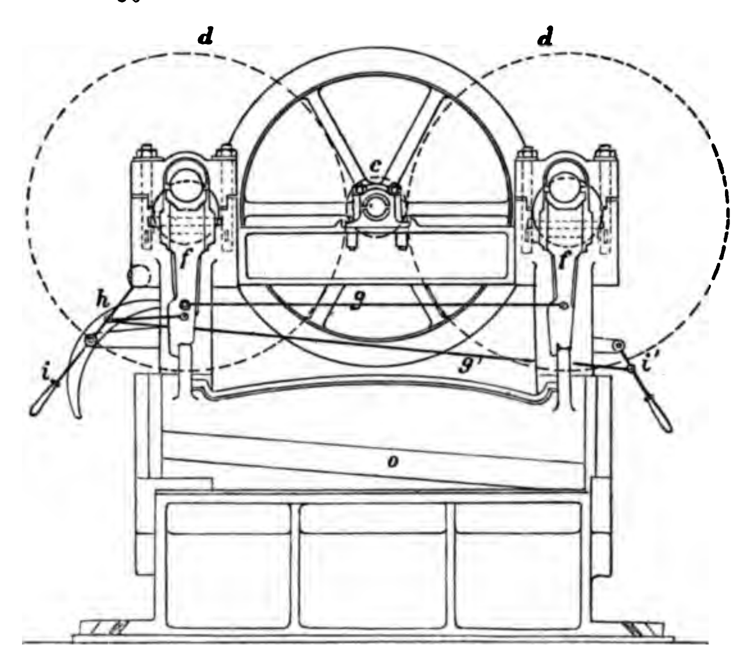


Abb. 418. Blechschere.

Ist ψ der konstante Schneidwinkel, b die Blechbreite, δ die Dicke des Bleches, so muß der Hub mindestens $h = \delta + b\,tg\,\psi$ sein, wenn das Blech seiner ganzen Breite nach durch einen Schnitt zerschnitten werden soll.

Die durch nachstehende Abb. 418 dargestellte **Blechschere** mit Parallelbewegung dient für das Schneiden von Kesselblech. Die Bewegung des oberen Scherblattes o erfolgt durch die rückwärts liegende Dampfmaschine, deren Kurbel an der Achse des Rades c sitzt, mittelst der Räder d, der an den Achsen von d sitzenden Exzenter und der Exzenterstangen f. Zum Zwecke rascher Aus- und Einrückung sind die Teile i, h, g, i', g', vorhanden. Ein Gegengewicht drückt das obere Scherblatt stetig an die Preßstangen f. Der Scheren- oder Kreuzungswinkel beträgt zirka 6°.

Parallelscheren für krummlinige Schnitte setzen zylindrische Scherflächen voraus, deren Erzeugende senkrecht auf der auszuschneidenden Kurve, als Leitlinie, stehen. Sollen beide Stücke des Bleches, welches krummlinig geteilt werden soll, möglichst eben bleiben, so müssen sämtliche Punkte der Schneiden gleichzeitig zur Wirkung kommen. Dies bedingt einen Stoß, welcher durch langsamen Niedergang des oberen Scherblattes (10 bis 20 *mm* Schnittgeschwindigkeit) gemildert werden kann. Der Hub solcher Scheren braucht nicht mehr als die doppelte Blechdicke zu betragen.

In jenen Fällen, wo das abgeschnittene Stück etwas gebogen werden darf, gibt man der Schneide des oberen Scherbackens eine geringe Neigung, wodurch ruhiger Gang der Schere erzielt wird und die Schnittgeschwindigkeit eine größere sein kann.

Für die Massenproduktion gewisser Artikel, als Löffel, manche Waggonbestandteile usw. sind solche Scheren von außerordentlichem Werte.

Kraftverbrauch. Nach dem Gesetze der proportionalen Widerstände findet man, daß die für gleichen Kreuzungswinkel (φ) erforderlichen Pressungen (P) proportional dem Quadrate der Blechstärke (δ) wachsen. (Vgl. S. 27).

So ist z. B. bei Eisenblech für $\varphi = 5^0$ und $\delta = 1$ *mm*, P nahe, gleich 100 *kg*, mithin braucht man für denselben Scherenwinkel bei 20 *mm* Blechdicke einen Druck von 20 . 20 . 100 oder 40.000 *kg*, für eine Plattenstärke von 100 *mm* einen Druck von 1,000.000 *kg*, welcher nur noch durch Anwendung hydraulisch bewegter Scheren, Blockscheren,[1]), zu erzielen ist. (S. die Zeitschrift „Stahl und Eisen".)

Da obiges P bei einem Versuche mit dünnem guten Eisenbleche ermittelt wurde, welches bekanntlich dichter und verhältnismäßig widerstandsfähiger als dickes ist, so wird man durch die Rechnung die Abscherungspressungen für dicke Platten höher finden, als sie wirklich ausfallen, man kann sich deshalb auf einen entsprechenden Zuschlag betreffs der Maschinenwiderstände beschränken.

In meiner Schrift über das Gesetz der proportionalen Widerstände, Leipzig 1885, gab ich nachstehende Versuchsergebnisse an:

Schneidwiderstand in Kilogrammen bezogen auf 1 *mm* dicke Bleche.

Material	für den Schneidwinkel φ zu				Anmerkung
	$\varphi = 5^1/_2{}^0$	$\varphi = 9^1/_2{}^0$	$\varphi = 14^1/_2{}^0$	$\varphi = 0^0$, b = 10*mm*	
Eisenblech	100	70	53	200	Die Zuschärfungswinkel der Scherbacken betrugen 86°, nur jener für $\varphi = 14^1/_2{}^0$ hatte einen Zuschärfungswinkel von 88°.
Stahlblech	165	118	100	400	
Kupferblech	(56) 90	(37) 56	(28) 41	150	
Messingblech	100	60	43	—	
Zinkblech	44	29	24	120 (106)*	
Stanniol	14	9	6	19	

* Die Zahl 106 ist bei sehr langsamen Vorgange erhalten.

[1]) Die Blockscheren werden meist auf glühendes Eisen zur Anwendung gebracht. wodurch sich der Widerstand auf $^1/_4$ und weniger vermindert.

Aus diesen Werten lassen sich auch die Arbeitsgrößen rechnen, sie sind die Produkte aus den Pressungen mal der Blechbreite mal der Tangente des Schneidwinkels.

Arbeitsgrößen in Meterkilogrammen für das Schneiden 1 *mm* dicker und 1 *m* breiter Bleche.

Material	$\varphi = 5^1/_2{}^0$	$\varphi = 9^1/_2{}^0$	$\varphi = 14^1/_2{}^0$
Eisenblech	9·63	11·69	13·73
Stahlblech	15·89	19·71	25·90
Kupferblech	8·67	9·35	10·52
Messingblech	9·63	10·02	11·14
Zinkblech	4·24	4·84	6·22
Stanniol (Zinnblech)	1·35	1·50	1·55

Vergleicht man die Werte der Arbeitsgrößen für dasselbe Material bei verschiedenen Winkeln φ, so sind die Differenzen wesentlich geringer als bei den Pressungen. Es liegt die Vermutung nahe, daß die Unterschiede vielleicht verschwinden würden, wenn das Ecken (s. S. 28) nicht einen wesentlichen, nicht bestimmbaren Einfluß auf die Versuchswerte nehmen würde.

Prof. Hermann Fischer hat in seinem hervorragenden Werke über Werkzeugmaschinen (Berlin, Jul. Springer), welches bereits in zwei Auflagen erschienen ist, auf Grund theoretischer Erwägungen eine andere Berechnungsweise des Kraftbedarfes bei Scheren gegeben, welche hier nur erwähnt werden soll. Unsere Darstellung ist die voraussetzungslose Benutzung der Versuchsergebnisse, aus welchen sich die Fragen der Praxis mit völlig ausreichender Genauigkeit beantworten lassen, wenn für andere Schneidewinkel, als sie die erste Tabelle enthält, durch die sehr einfache graphische Interpolation, die betreffenden Werte des Schneidwiderstandes ermittelt werden und im übrigen das Gesetz der proportionalen Widerstände zur Anwendung gelangt.

Es entsteht schließlich die Frage, ist eine solche Konstruktion der Scheren möglich, bei welcher man tatsächlich exakte, ebene Schnittflächen erlangen könnte? Diese Frage kann bejaht werden. Aber um dieses Ziel zu erreichen, muß der Fluß des Materials, welcher durch die gewöhnlichen Scheren notwendig erzwungen wird, hintangehalten werden. Statt der beiden Scherblätter müßten zwei Einspannvorrichtungen zur Anwendung kommen, welche sich aneinander in der Richtung der Scherebene vorschieben ließen. Für das Schneiden von Blech, namentlich großer Tafeln, hat dies seine Schwierigkeiten, hingegen ist dies leicht möglich bei Draht, Stabeisen, schmalen Blechstreifen, Schienen u. dgl. Fig. 419 stellt eine Drahtzange dar, bei welcher sich zwei Scheiben mit Einschnitten aneinander verdrehen lassen, wodurch das Abscheren des Drahtes unter gleichzeitigem Fluß des Materials erfolgt, so daß die Schnittenden unrein werden. Bohrt man aber durch

beide Scheiben ein zylindrisches Loch, wie bei *o* geschehen, steckt einen gut einpassenden Draht hindurch und bringt die Zange nun zur Wirkung, so erhält man eine Schnittfläche normal auf den Draht, wie man sie sonst durch Scheren so rein nie erhalten kann.

Schon die Anwendung von Scherbacken mit entsprechender Kalibrierung liefert bei Rund- und Fassoneisen einen viel reineren Schnitt, als dies durch gewöhnliche Scheren erzielbar ist. Unter dieser Kalibrierung ist eine solche Formgebung des unteren und oberen Scherbackens verstanden, daß das zu schneidende Stück am Beginne des Schneidens von den Backen gleichsam umklammert wird, und zwar vom unteren Scherbacken von der Unterseite, vom oberen von der Oberseite. Für das Schneiden von Winkeleisen genügt ein Backenpaar für verschiedene Querschnittsgrößen der Winkel ziemlich gut. Die Lage des zu schneidenden Werkstückes ist durch [⋎] nebenstehende Form des unteren Scherblattes angegeben; das obere entspricht der Gegenform.

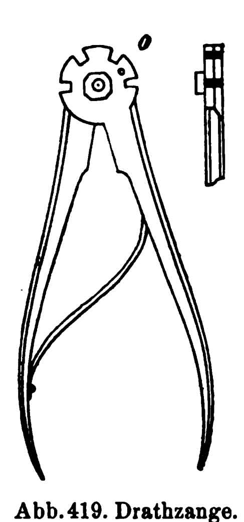


Abb. 419. Drathzange.

Eine spezielle Gruppe der Scheren bilden die Kreisscheren, bei welchen zwei rotierende Stahlscheiben das zu schneidende Werkstück ergreifen und abscheren, vorausgesetzt, daß der Winkel, welchen die Kreis-Tangenten miteinander an den Stellen, wo die Berührung der Schneidscheiben mit dem Werkstück beginnt, einschließen, und welcher hier die Stelle des Kreuzungswinkels vertritt, das Einziehen gestattet.

Die Kreisscheren finden aus dem Grunde, daß kleine, das Einziehen ermöglichende Tangentenwinkel nur bei geringer Dicke des Arbeitsstückes oder bei sehr großen Schneidscheiben erzielt werden können, in der Regel nur auf dünne Bleche, Papier oder dergleichen Anwendung. Die Achsen der Kreisscheren, welche zuweilen aus schalenförmig gepreßten Stahlscheiben hergestellt werden, sind entweder zueinander parallel ═()═ oder sie liegen zueinander geneigt und zudem etwas windschief. Letztere Lage wird insbesondere für das Schneiden von Kreisscheiben aus dünnem Blech angewendet.

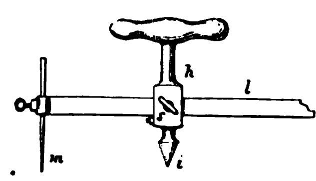


Abb. 420. Schneidzirkel.

Ehemals bediente man sich hierzu des durch Abb. 420 dargestellten Schneidzirkels, eines an den Stangenzirkel erinnernden Werkzeuges. *m* ist ein Messer, *i* die Zirkelspitze, die Hülse *h* ist an der Schiene *l* verschiebbar und kann durch die Klemmschraube *s* festgestellt werden.

Weit rascher und vollkommener, weil den Mittelpunkt der Blechscheibe nicht beschädigend, gestattet die nach Abb. 421 eingerichtete Kreisschere

das Schneiden von Kreisscheiben. Das auf der Tafelschere vieleckig zugeschnittene Blech wird zentrisch zwischen *g h* geklemmt. Der Abstand der Klemme *g h* von der Kreisschere *s s* kann durch Verschiebung des Bügels *B* längs des Prismas *p* nach Bedarf eingestellt werden, zu welchem Zwecke das Handrad *r*, ein Getriebe und die Zahnstange *z* entsprechend einwirken. Die Klemme *k* bewirkt die Feststellung von *B*. Die Achse der oberen Schneidscheibe läßt eine geringe Bogenbewegung um das rechtsseitige Kugellager zu, wodurch die Schneidscheiben voneinander entfernt

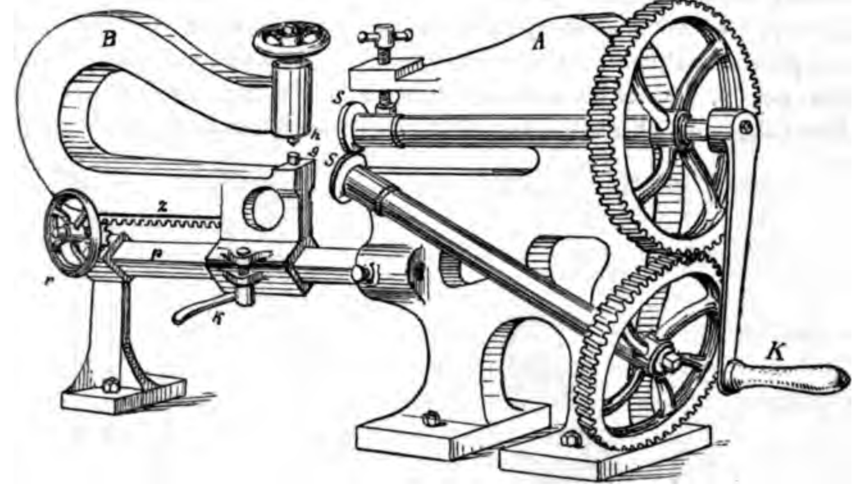


Abb. 421. Kreisschere.

oder einander genähert werden können. Diese Bewegung wird einerseits durch die auf das linksseitige Lager wirkende Druckschraube, anderseits durch eine in der Abb. 421 nicht sichtbare Feder erzielt. Von der Kurbel *K* erhalten beide Schneidscheiben die rotierende Bewegung.

Es ist hervorzuheben, daß die Achsen der beiden Schneidscheiben **nicht** in einer Ebene liegen; durch die geringe Abweichung resultiert eine Schränkung der Schneidscheiben, welche die Wirkung befördert, weil am Schnittpunkte die Scheiben ganz dicht aneinander liegen. Natürlich können so angeordnete Scheiben nur nach einer Drehungsrichtung schneiden.

Der Drehungsmittelpunkt *h* des Bleches verbunden mit dem Anschnittpunkte liefert eine Gerade, welche senkrecht auf der Vorderfläche der oberen Schneidscheibe stehen muß und gleich dem Radius der gebildeten Kreisscheibe ist. Würde die Senkrechte vom Mittelpunkte *h* auf die Scheibenebene einen andern Punkt als den Schnittpunkt treffen, so würde ein Stauchen des Blechscheibenrandes eintreten. Mit anderen Worten: Der Abstand des Mittelpunktes *h* von der durch die Achse der oberen Scheibe gelegten Vertikalebene muß gleich dem Abstande des Anschnittpunktes von dieser Ebene sein. Diesbezügliche genaue Einstellung ist durch geringes Verdrehen des Prismas *p* möglich. Eine andere Art der Werkstückklemmung und deutliche Darstellung der Schneidscheiben zeigt Abb. 422.

Trennung durch keilende Wirkung der Werkzeuge.

Hierher gehören verschiedene Werkzeuge; so wird derselbe Zweck, welchem sehr häufig die Drahtschere dient, durch die Kneipzange oder Beißzange annähernd erreicht. Es ist dies eine Zange, bei welcher zwei einseitig zugeschärfte Schneiden in den Draht keilförmig eingedrückt werden bis sich die Schneiden berühren, beziehungsweise der Draht abgekneipt ist. Es findet kein Abscheren, sondern ein Abbeißen statt, Abb. 423. Bei der gezeichneten Zange liegen die Schneiden senkrecht zur Symmetrieachse des Werkzeuges; es kann aber die Lage der Schneiden auch schief, oder auch nahezu parallel zu dieser Achse sein. Im letzteren Falle läßt sich die Zange ähnlich der S. 154 skizzierten Flachzange gestalten; es sind die beiden Backen nahe am Scharnier ausgehöhlt, die Schneiden sind seitlich an den

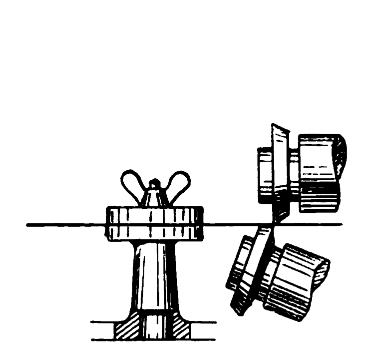
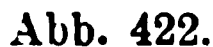



Abb. 422.

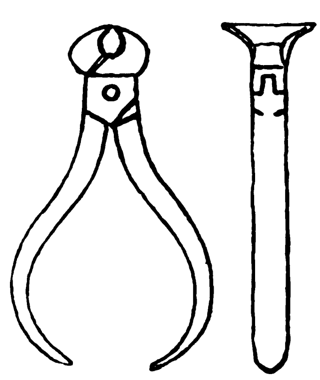


Abb. 423. Kneip- oder Beißzange.

Backen in der Länge der Aushöhlung angebracht, und es kann diese Zange, „Kastenzange", sowohl zum Abkneipen als Festhalten verwendet werden.

Durch zwei einander entgegenwirkende Keile, ob ein- oder zweiseitig zugeschärft, ist von minderer Bedeutung, lassen sich auch spröde Materialien, Steine, Glas teilen. Eine besonders schöne Anwendung hiervon wird in neuerer Zeit beim Schneiden der Perlen gemacht. Diese Arbeit wurde früher dadurch besorgt, daß der Arbeiter den Stengel (gezogenes Glasröhrchen) so oft an einer rotierenden Schneidscheibe anritzte und abbrach, als einzelne kurze Rohrstücke (die späteren Perlen) erhalten werden sollten. Jetzt aber werden etwa 50 bis 100 Stengel in eine Kluppe nebeneinander gespannt und dem Schneidwerke zugeschoben, dessen Obermesser 300 bis 500 Schwingungen macht. Das Prinzip dieser Maschine kann durch nebenstehende Abb. 424 dargestellt sein, in welcher *m* das auf- und abschwingende Messer, *m'* das festgestellte Untermesser, *a* den stellbaren Anschlag bedeutet, welcher die Länge der Abschnitte bestimmt, während die Walze *w* die Stengel nahe dem Schneidwerke niederhält. Die Leistung ist eine sehr große, der Abfall (unregelmäßige Splitter) beträgt nur zirka $20^0/_0$. Nochmals sei hervorgehoben, daß das Abkneipen von Draht, sowie das Schneiden

der Perlen auf zweiseitiger oder doppelter Keilwirkung beruht, daher prinzipiell vom Abscheren verschieden ist.

Hier sei auch des Rohrabschneiders gedacht, dessen Wirkung in dem Eindrücken eines (oder auch dreier) gehärteten, scharfrandigen Schneidröllchens r, Abb. 425, besteht. Das Werkzeug wird auf das abzuschneidende Metallrohr R aufgesetzt, das Schneidröllchen r durch die Schraube s angedrückt und unter öfterem Nachziehen um R in der Ebene eines Normalschnittes herumbewegt. Man ersieht aus der Abbildung, daß der das Röllchen tragende kleine Schieber an dem Bügel b geführt ist; ein eingedrehter Hals stellt die Verbindung mit der Schraube her.

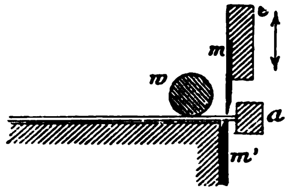


Abb. 424. Perlenschneidmaschine.



Abb. 425. Rohrabschneider.

Die Garten- oder Baumscheren bilden die einzige Scherengattung, bei welcher eines der Scherblätter tatsächlich als ein Messer auftritt und entweder nur keilend, d. i. mit drückendem Schnitte, oder auch mit gezogenem Schnitte, je nach der Scherenkonstruktion, wirkt.

Lochen und Perforieren.

Das Lochen und das Perforieren beruhen hingegen auf abscherender Wirkung; letzteres ist nichts weiter als mehr-, ja vielfaches gleichzeitiges Lochen.

Die zusammenwirkenden Werkzeuge beim Lochen sind Lochring und Stempel oder Matrize M und Patrize P (Abb. 426). Paßt der Stempel genau in das Loch der Matrize, so findet bei der Einwirkung auf dünnes Blech b (Abb. 426) ein nahezu reines Abscheren statt; hat der Stempel hingegen in der Matrize Spiel, d. h. ist der Stempeldurchmesser kleiner als der Lochdurchmesser, so findet zunächst ein Einbiegen des dünnen Bleches statt und später erst ein Abreißen. Es wird diese Wirkung aus der Anwendung desjenigen sich erklären, was früher auf S. 360 und 361 (Abb. 401 und 405) auseinander gesetzt wurde und hier sinngemäße Anwendung findet.

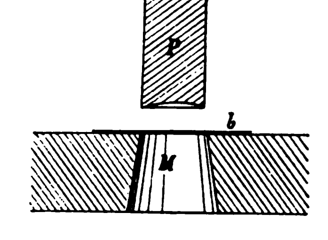


Abb. 426. Durchschnitt.

Die Erweiterung der Matrize nach unten gewährt vorzüglich den Vorteil des leichten Ausfallens der aus dem Bleche geschnittenen Scheibchen. Die festgestellte Matrize und die exakt geführte Patrize (Stempel) bilden

zusammen das, was die Benennung Durchschnitt führt. Mit diesem Worte bezeichnet man auch die Lochmaschine als Ganzes.

Legt man auf die Matrize ein Blech, dessen Dicke etwa gleich ist dem Durchmesser des Stempels, so findet beim Niedergange des Stempels zunächst ein Fluß des Materials statt, welcher die größte Ähnlichkeit mit jenen Erscheinungen aufweist, welche auf S. 12 besprochen und in Abb. 14 dargestellt sind. Während jedoch dort das Material durch eine feste, geschlossene Unterlage seine Stützung fand, beim Lochen jedoch diese Stützung durch die Matrize eine unvollständige ist, so wird hier auch ein Fließen des Materials in das Loch der Matrize erfolgen; der sich bildende Ausflußzapfen ist aber wesentlich kleiner als das vom Stempel verdrängte Material, weil dasselbe zum Teil zur Seite geschoben wird. Hat der Stempel eine gewisse Tiefe erreicht, so wird der Widerstand gegen Abscheren endlich kleiner sein als der Widerstand gegen weiteres Eindringen unter Fluß des Materials und es erfolgt plötzlich das Abscheren. Der ausgestoßene Materialbotzen ist von geringerer Höhe als die Blechdicke, weil er nur jenen Teil des vom Stempel verdrängten Materials enthalten kann, welches nicht seitlich zum Abflusse gelangte. Es mag hier der allgemein gültige Satz Raum finden, daß äußere, auf ein Massensystem wirkende Kräfte stets jene Bewegungen hervorbringen werden, bei welchen die geringste Widerstandsarbeit zu überwinden ist.[1]) So lange also in unserem Falle das Fließen der Massenteilchen dem Stempel einen kleineren Widerstand entgegensetzt als die Abscherung, so lange wird der Stempel eindringen unter Fluß des Materials, endlich aber wird jener Punkt erreicht sein, von welchem ab der Abscherungswiderstand kleiner als der Widerstand gegen weiteres Fließen ist, und es erfolgt die Abscherung.

Es ist daher leicht einzusehen, daß durch Berechnung des Abscherungswiderstandes der ganzen Lochfläche jedenfalls eine Kraft gefunden wird, welche gleich oder größer als die wirklich aufzuwendende Druckkraft des Stempels sein muß. Man geht daher jedenfalls sicher, wenn man auf Grundlage dieser Rechnung die Lochmaschine dimensioniert.

Dividiert man die Zahlen der letzten Kolumne der 1. Tabelle S. 368 durch 10, so ist der Scherwiderstand für 1 mm^2 gegeben und diese Zahl mit der in Quadratmillimetern ausgedrückten Umfläche des Loches multipliziert, gibt die Maximalkraft. Näheres hierüber findet sich in meiner Schrift „Das Gesetz der proportionalen Widerstände“, S. 63 bis 65.

Daß bei dem Lochen dickerer Platten (z. B. Kesselblechen) der Stempel gewöhnlich kleiner gewählt wird als der Durchmesser der Matrize, hat eine sehr einfache praktische Ursache. Derlei Lochmaschinen führen

---

[1]) So werden z. B. die Triebräder einer Lokomotive gleiten, wenn der Reibungswiderstand gegen gleitende Reibung kleiner als der Zugwiderstand ist. Irgendein Werkzeug gelangt zum Bruche, wenn der Widerstand, welchen dasselbe dem Bruche entgegensetzen kann, kleiner ist als der gerade zu überwindende Deformationswiderstand usw.

den Stempel nie so genau, daß bei den bedeutenden Pressungen von 10.000 bis 30.000 *kg* nicht eine geringe Ablenkung möglich wäre, welche bei scharf passendem Stempel ein Auftreffen desselben auf den Lochrand der Matrize und dadurch ein Aussprengen des Randes zur Folge hätte. Die Versuche, die Notwendigkeit des kleineren Stempels theoretisch zu erklären, sind durchweg verfehlt, nur obiger praktische Grund rechtfertigt die gebräuchliche Dimensionierung. Aus einem andern praktischen Grunde gibt man dem Stempel gewöhnlich eine zentrische konische Spitze. Man körnt nämlich die Kesselbleche an jenen Stellen an, d. h. man schlägt mit dem Körner dort konische Grübchen ein, wohin die Mittelpunkte der zu stoßenden Löcher kommen sollen. Der vor der Lochmaschine sitzende Arbeiter verschiebt die vorteilhaft auf Kugeln ruhende Platte, und wenn der Stempel langsam niedergeht, so trachtet er die Stempelspitze in das Körnergrübchen zu bringen. Es kann dies nur bei sehr langsam bewegtem Stempel geschehen, aus diesem Grunde wird die Geschwindigkeit von 10 bis 30 *mm* gewählt.

Die untere Stempelfläche schraubenförmig oder bogenförmig zu gestalten, empfiehlt sich nicht, weil der Gewinn der Verminderung der Stöße durch kürzere Gebrauchsfähigkeit der Stempel aufgewogen wird.

Durch den beim gewöhnlichen Lochen entstehenden Fluß des Materials kommen in dasselbe Spannungen, welche die Festigkeit beeinträchtigen. Aus diesem Grunde sind bei den Konstruktionsteilen für eiserne Brücken oftmals gebohrte Löcher vorgeschrieben. Die Spannungen treten aber nicht ein, wenn so gelocht wird, daß sich das Blech rings um den Lochstempel in gepreßtem Zustande befindet und wirklich ein ganz reines Abscheren erfolgen muß. Auch ist es nach den Versuchen von Fremont[1]) wahrscheinlich, daß sich die Spannungen durch genügendes Ausreiben (Erweitern des Loches unter Abtrennung von Spänen) beseitigen lassen.

Die Herstellung zahlreicher kleiner Löcher in Papier, Kartons oder dünnes Blech, sei es zum Zwecke der leichteren Teilung nach bestimmten Linien und zur Herstellung eines gezackten oder welligen Randes, wie dies bei Briefmarken gebräuchlich ist; oder die Herstellung gelochten Bleches, wie solches zu den verschiedensten Zwecken, als Stellvertreter für Drahtsiebe, als Malzdarrplatten, als Reibbleche usw. usw. in Verwendung steht, erfolgt durch das Perforieren unter gleichzeitiger Benutzung mehrerer, oft vieler Stempel. Die nachstehenden Abb. 427 bis 430 geben Beispiele perforierten Bleches.

Wo es sich um die Hervorbringung vieler und wie dies sehr häufig verlangt ist, mannigfach geformter Durchbrechungen handelt, werden nicht nur mehrere Stempel gleichzeitig zur Anwendung gebracht, sondern es

---

[1]) Siehe Génie Civil, Bd. 28, S. 79 und 313. Die von Fremont angewendeten Werkzeuge werden durch das Loch gepreßt; sie haben ringförmige oder schraubenförmige schneidende Kanten an der Umfläche. Der Werkzeugdurchmesser nimmt stufenweise oder bei schraubenförmigen Schneiden kontinuierlich nach oben zu, bis zu jenem Durchmesser, auf welchen das Loch erweitert werden soll.

Für das Bohren der feinen Löcher in die Führungsplatte und in die Matrize wendet man ein sehr einfaches Bohrmaschinchen an, dessen Bohrspindel in vertikaler Richtung unverschiebbar ist und die Rotation durch Schnurgetriebe erhält. Das zu bohrende Stück wird auf einen mittelst eines Hebels von Hand aus zu bewegenden Bohrtisch gelegt, und es fühlt der geübte Arbeiter die Kraft des Andruckes, so daß die überaus feinen Bohrer genügend geschont werden.

Die einzelnen Stempel werden in der Platte (vgl. Abb. 431 *p*) eingenietet, welche denselben entsprechende, genau passende Löcher besitzt und welche, mit gutem Anschlusse, in den vertikal bewegten Teil der Presse eingeschoben wird. Der erwähnte Anschluß nach oben verhindert das Ausschieben der kleinen Stempel beim Niedergange des Durchschnittes. Für den Aufgang werden die Stempel durch die Vernietung hinreichend festgehalten. Zieht man aber die Platte *(p)* aus, so ist sowohl das Auswechseln, als das Einsetzen der Stempel leicht durchführbar.

Die hier erläuterten Prinzipien sind bei dem Perforieren von Blechen ebenso maßgebend. Man hat Zeit zu sparen und daher pro Niedergang der Stempel mindestens eine Lochreihe fertig zu stellen. Der Verschub des Bleches entspricht dann dem Abstande einer Lochreihe von der nächsten oder auch einem zwei-, dreifachen davon, wenn durch entsprechende Verteilung der Stempel pro Hub zwei oder drei Reihen ihre Vollendung finden.

Für das Lochen (Perforieren) großer Blechtafeln hat die Maschine entsprechende Dimensionen zu erhalten. Die Blechtafeln sind hierbei entweder in einen beweglichen Rahmen, Schlitten, eingespannt, welcher die Schaltbewegung empfängt, oder eine Schiebklaue wirkt auf das Blech an den bereits hergestellten Löchern unmittelbar ein. Der Träger der Stempel wird meist durch zwei Exzenter zur Vertikalbewegung gezwungen.

Betreffs der Reibbleche ist zu bemerken, daß zum Zwecke der Erlangung der aufgeworfenen scharfen Ränder des Loches der Stempel in eine Spitze ausläuft und das Loch der Matrize etwas größer als der Stempel gehalten ist. Der Stempel tritt nur mit seiner kegelförmigen oder pyramidalen Spitze in das Blech ein und ist nach der beabsichtigten Lochform gebildet; für das in Abb. 430 dargestellte Reibblech ist die Spitze des Stempels eine dreiseitige Pyramide.

Die Durchschnitte, Lochmaschinen und Perforiermaschinen sind von außerordentlich mannigfacher Anordnung. Alle jene Maschinen, welche wir als Stanzmaschinen kennen gelernt haben (S. 349 bis 351), können auch zum Lochen Anwendung finden, denn es handelt sich hier wie dort um die exakte Vertikalbewegung eines den Stempel tragenden Schlittens (Schubers). Mit Rücksicht auf den von Blechdicke, Lochdurchmesser und Material abhängigen, so außerordentlich verschiedenen Kraftbedarf, ist natürlich die Anordnung und Dimensionierung ebenfalls außerordentlich verschieden.

Als Type einer Lochmaschine für Kesselblech kann Abb. 434 dienen. Sehr häufig ist die Anordnung hierbei so durchgeführt, daß die eine Seite Lochmaschine, die zweite Schere ist.

Der Antrieb erfolgt von der Transmission auf die Riemenscheibe oder Vollscheibe v (l ist die Leerscheibe und f das Schwungrad) und durch die Räder r_1 r_2 auf die Welle w, an dieser sitzt ein Exzenter e, welches durch eine Zugstange den Schlitten s und den damit verbundenen Stempel p bewegt. Hierdurch erhält der Stempel eine langsame Bewegung vertikal ab- und aufwärts. Die zu lochende Platte wird auf den Lochring so gelegt, daß die auf der Platte angekörnte, der Achse des zu bildenden Loches entsprechende Stelle genau über die Mitte des Lochringes zu liegen kommt. Da die Platte nach erfolgter Lochung am Stempel hängen bleibt, so ist der Abstreicher a angebracht.

Das richtige Einstellen der zu lochenden Platte verlangt manchmal mehr Zeit als zwischen den einzelnen Spielen des Stempels vorhanden ist,

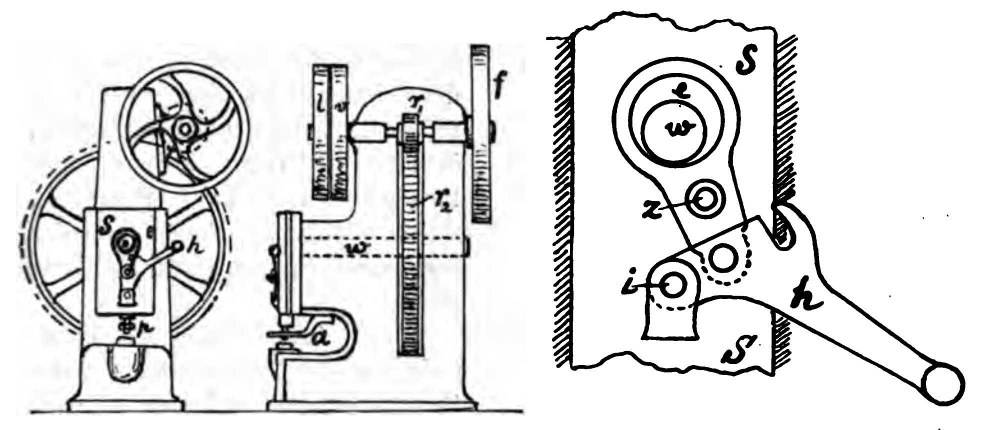


Abb. 434. Lochmaschine. Abb. 435. Ausrückvorrichtung.

und zu diesem Zwecke ist eine Ausrückvorrichtung angebracht, welche dem Arbeiter bequem zur Hand ist. Bringt er nämlich den Hebel h in die in Abb. 435 gezeichnete Position, so wirkt die Exzenterstange z nicht mehr auf den Schieber bewegend ein, sondern es oszilliert nur der Hebel h um seinen Drehpunkt i, der Stempel bleibt unbewegt.

Um Platten und namentlich Brückenkonstruktionsteile am Orte ihrer Zusammenstellung lochen zu können, bedient man sich transportabler Lochmaschinen, als deren vorzüglichster Repräsentant Tangye's hydraulische Lochmaschine zu bezeichnen ist. Durch den Hebel h_1 und Arm a, Abb. 436, erhält der Pumpenkolben k die Bewegung nach auf- und abwärts. Wie aus der Abbildung zu entnehmen ist, besitzt dieser Kolben eine Bohrung, welche die Verbindung des Raumes A mit B herstellt, wenn das Ventil v_1 geöffnet ist, was bei der Aufwärtsbewegung des Hebels h_1 stattfindet. Die Druckflüssigkeit (Öl) tritt hierbei aus A nach B. Wird h_1 niedergedrückt, so schließt sich v_1, während v_2 sich öffnet und die Flüssigkeit aus B nach C gelangen läßt. C ist der Brahmazylinder, K der Brahmakolben; dieser wird niedergedrückt und dadurch der Stempel s gegen den Lochring, respektive durch die zu

lochende Platte *p* gedrückt. Um *K* zu heben, dient der Hebel h_2 und das Exzenter *e*, welches unter dem Kolben angreift und ihn hebt; hierbei muß *C* mit *A* kommunizieren, was durch einen Kanal *i* ermöglicht ist, wenn die Schraube *S* (deren konisches Ende den Abschluß bildet) zurückgedreht wird. Diese Schraube, wie der Kanal liegen nicht in der Schnittebene, daher sie punktiert angedeutet sind.

Daß große Schmiedestücke glühend durch hydraulische Pressen gelocht werden, wurde bereits bei dem Preßschmieden S. 301 hervorgehoben.

Von dem in unmittelbarer Aufeinanderfolge angewendeten Lochen und Stanzen sprachen wir auf S. 344 unter Angabe der diesbezüglichen Werkzeuge. Sind die beiden Stempel von oben bewegt (Abb. 378, S. 344), so ist der äußere von einem vertikal geführten Schlitten getragen, der innere an einer Stange befestigt, welche im Schlitten Führung erhält. Schlitten und Stange erhalten ihre Bewegung von zwei Exzentern, welche dicht nebeneinander an der horizontalen Hauptwelle der Maschine sitzen.

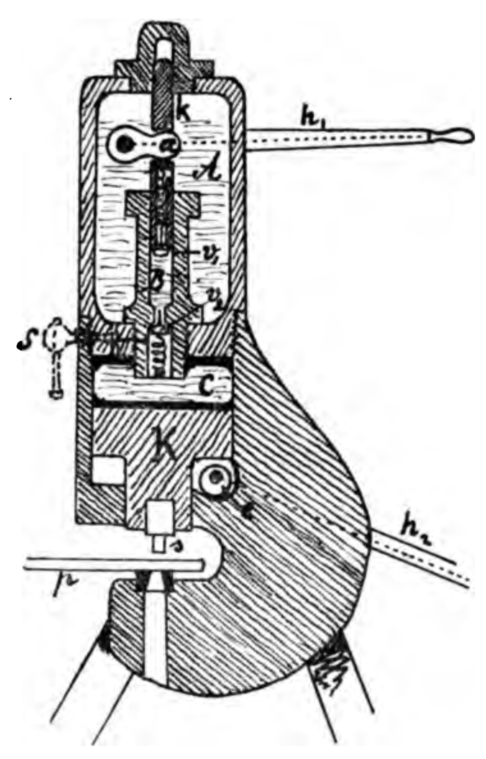


Abb. 436. Hydraulische Lochmaschine.

Das Ausschneiden der Zahnlücken erfolgt bei Herstellung der Holzsägeblätter gleichfalls mit Durchschnitten; meist von gewöhnlicher Anordnung. Eine interessante Ausnahme bildet der rotierende Sägedurchstoß von J. M. März in Berlin. Das Werkzeug, welches dem Stempel entspricht, ist in einer rotierenden Scheibe gehalten, die Matrize ist eine Stahlplatte mit seitlichem dreieckigen Ausschnitte; hierbei ist die Achse der Scheibe etwas schief zur Vorderkante der Matrize gestellt.[1])

Wie die Kneipzange statt der Drahtschere Anwendung findet, so werden auch bei dem Lochen nicht selten einfachere Werkzeuge benutzt, welche zwar eine minder reine, aber für viele Fälle genügende Arbeit liefern. Um in Blech von 1 bis 3 *mm* Dicke Löcher von kreisförmiger, quadratischer oder anderer Form rasch herzustellen, benutzt der Schlosser den Bankdurchschlag, ein Stahlstäbchen mit kreisförmiger, quadratischer oder anders gestalteter ebener Endfläche. Bei seiner Benutzung wird das zu lochende Blech auf den wenig geöffneten Schraubstock u. dgl. gelegt, der Durch-

[1]) S. Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterbuch, Bd. 7, S. 498.

schlag aufgesetzt und mit dem Hammer durchgetrieben. Die unreinen Lochränder werden durch die später zu besprechenden Werkzeuge — Reibahle, Feile — abgeglichen.

Aus dünnem Bleche schlägt man Scheibchen mittelst des Aushauers, Abb. 437, aus, hierbei legt man das Blech auf eine dicke Bleiplatte auf. Aushauer der verschiedensten Gestalt werden auch in der Blumenfabrikation, bei der Erzeugung von Weißwäsche u. dgl. benutzt.

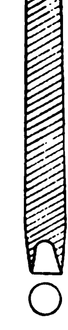


Abb. 437. Aushauer.

Läßt man ein dem Aushauer ähnliches Werkzeug auf viele Lagen von Papier oder Stoff einwirken, so werden die Ausschnitte wegen der auftretenden Durchbiegungen nicht genau gleich groß. Dieselbe Ursache bedingt eine eigenartige Konstruktion jener Maschinen, mit welchen man Stöße von Papier, Bücher u. dgl. beschneidet. Dicht neben dem einseitig zugeschliffenen, meist in etwas schräger Richtung niederbewegtem Messer, wird das Papier durch einen Preßbacken zusammengedrückt. Nur mit Hilfe dieser Pressung erlangt man einen reinen, ebenen Schnitt.

8. ABSCHNITT.

Formgebung durch Abtrennung von Spänen.

Die außerordentliche Mannigfaltigkeit der Werkzeuge, Werkzeugmaschinen und Arbeitsmethoden, welche zum Zwecke der Formgebung durch Abtrennen von Teilchen — Spänen — zur Anwendung kommen, läßt sich durch die Zurückführung auf die verschiedenartige Wirkung der einfachsten Werkzeugformen auf die wesentlichsten Materialgruppen übersichtlich behandeln.

Es erscheint daher notwendig, allgemeine Bemerkungen der Einzelbetrachtung vorauszuschicken. Die vielen Einzelheiten werden dadurch besseren Zusammenhang gewinnen.

Wirkungsweise der Hauptformen der Werkzeugschneiden.

Eine der einfachsten, Späne abtrennenden Werkzeugformen ist die Keilform. Es braucht hierbei das Werkzeug nur an dem eigentlich wirkenden Teile diese Gestalt zu besitzen; im übrigen kann es zum Zwecke bequemerer Handhabung oder zum Zwecke der Anbringung in einer Maschine beliebig ausgestaltet sein.

Die keilförmige Form kann verschieden sein in der Größe des Keilwinkels, es können aber auch die Keilflächen symmetrisch oder unsymmetrisch zur Bewegungsrichtung liegen.

Betrachten wir die Hauptfälle.

Die Keilflächen liegen symmetrisch zur Bewegungsrichtung, die Keilwinkel seien verschieden.

Wenden wir die durch Abb. 438 gekennzeichneten Werkzeugschneiden zunächst so an, daß ihre Bewegungsrichtung senkrecht gegen die Oberfläche des Werkstückes gerichtet ist; es wird ihre Wirkung auf bildsame, spröde, spaltbare und feinzellige Materialien wesentlich verschieden sein und jede dieser Wirkungen muß besonders betrachtet werden.

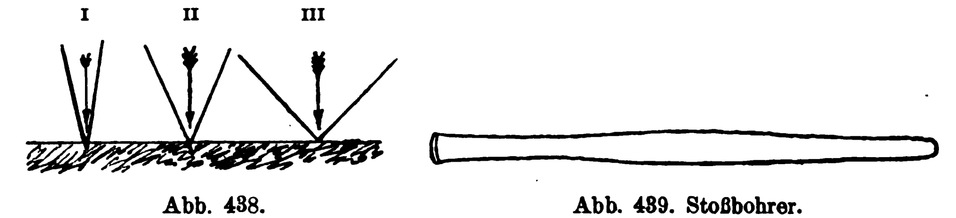


Abb. 438. Abb. 439. Stoßbohrer.

In bildsame Materialien werden die keilförmigen Werkzeuge, normal gegen die Oberfläche zur Wirkung gebracht, eindringen, ohne Späne abzutrennen. Es findet hier ein Fluß der Massenteilchen statt, wie dies bereits auf S. 11 und 12 besprochen wurde.

Wendet man diese Werkzeuge auf spröde Materialien in gleicher Weise an, so wird das Material unter der Werkzeugschneide ausbrechen, in kleinen Splittern oder Bruchstücken abspringen. Um in einfachster Weise einen Erfolg zu erzielen, wird man das Werkzeug stoßend zur Anwendung bringen, denn bei Anwendung ruhigen Druckes bedürfte man so bedeutender

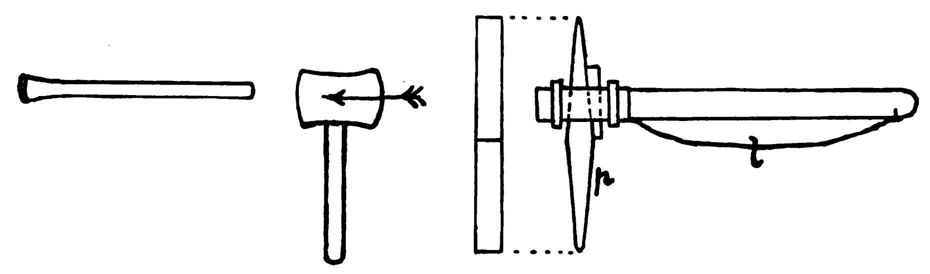


Abb. 440. Meißelbohrer und Fäustel. Abb. 441. Picke (p Meißel, l Schutzleder).

Pressungen, daß dieselben sich nur mittelst komplizierter maschineller Mittel erreichen ließen. Ist die keilförmige Schneide wie beim Stoßbohrer, Abb. 439, an dem Ende einer Stange angebracht, und stößt man mit derselben gegen einen spröden Körper, z. B. eine Felswand, wiederholt man diese Stöße gegen dieselbe Stelle bei jedesmaliger Versetzung um einen kleinen Winkel, so sprengt man bei jedem Stoße etwas Material aus und wegen des „Setzens" des Bohrers werden sich die Linien, in welchen die Schneide des Werkzeuges auftrifft, als Durchmesser eines Kreises in einem Punkte schneiden. Das Material wird nach einer Kreisfläche ausgesprengt und bei fortgesetzter Arbeit ein Loch erbohrt.

Zu dem gleichen Zwecke kann man sich nach Abb. 440 eines Meißelbohrers und des Fäustels oder der Schlage bedienen. Auch hierbei muß nach jedem Schlage der Bohrer versetzt werden. (Vgl. auch S. 181.)

Will man in die Oberfläche eines Steines Furchen einarbeiten, wie es die Hauschläge und Sprengschläge der Mühlsteine (s. S. 191) sind, so bedient man sich der Picke, Abb. 441; es ist dies ein Meißel mit gerader Schneide, eingesetzt in einen Stiel.

Zur Herstellung einer feinen Furche, wie es die Sprengschläge sind, muß die Schneide des Werkzeuges unter verhältnismäßig spitzem Winkel, etwa 50°, zugeschliffen sein, will man jedoch ein Loch ausmeißeln, dann kann der Zuschärfungswinkel weit größer, selbst 90°, ja 120° sein. Die

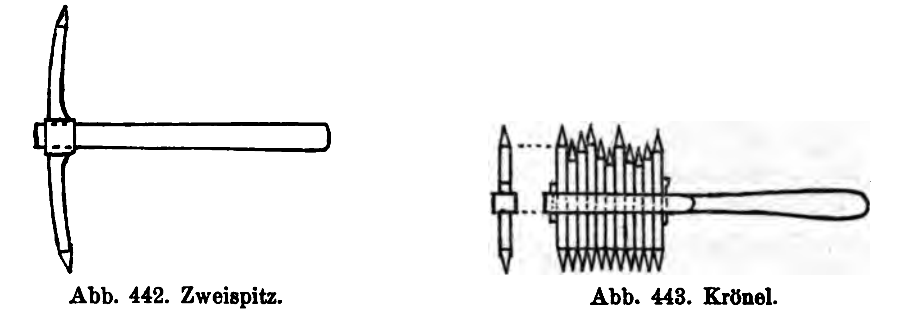


Abb. 442. Zweispitz. Abb. 443. Krönel.

Wahl des größeren Zuschärfungswinkels wird eine bessere Stützung der Teilchen des Werkzeuges an der Schneide bewirken, dieselben werden weder so leicht ausspringen, wie dies z. B. bei sehr hartem Stahle und kleinem Zuschärfungswinkel eintritt, noch wird die Schneide so bald stumpf. Es sind dies Vorteile, welche so wesentlich in Betracht kommen, daß an manchen Orten Meißelbohrer mit sehr großen Zuschärfungswinkeln in Gebrauch kommen.

Mit den keilförmigen Werkzeugen sind in der Wirkung auf spröde Materialien jene verwandt, welche pyramidale Spitzen benutzen. Hierher

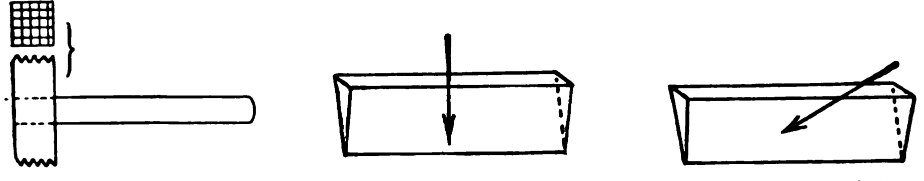


Abb. 444. Kraushammer. Abb. 445. Gedrückter Schnitt. Abb. 446. Gezogener Schnitt

gehören der Zweispitz, Abb. 442, das Krönel, Abb. 443, der Stock- oder Kraushammer, Abb. 444, mit vielen kleinen pyramidalen Spitzen u. a. m. Beim Gebrauche dieser Werkzeuge springen die von der Spitze oder den Spitzen unmittelbar getroffenen Steinteilchen aus und die bearbeiteten Flächen erhalten ein fein gekörntes Aussehen. Mit dem Zweispitz kann man auch Furchen oder Vertiefungen ausarbeiten.

Wendet man keilförmige Werkzeuge auf spaltbare Materialien in der Richtung jener Flächen an, welche Spaltflächen werden können, so erzielt man Spaltwirkung. Hierher gehörige Werkzeuge sind die Axt (S. 18) und der Keil (S. 181).

Auf die mit der Bezeichnung „schneidbare Materialien“ zusammengefaßten, ihrer Natur nach sehr verschiedenen Stoffe, wie Kork, Pflanzenmark, Fleisch, Leder u. dgl., lassen sich die keilförmigen Werkzeuge, normal zur Oberfläche aufgesetzt und bewegt, nicht wohl gebrauchen, weil das aus zum Teil sehr feinen, polyedrischen Zellen gebildete zähe Gewebe nur bei sehr kleinem Keilwinkel durchschnitten werden kann.

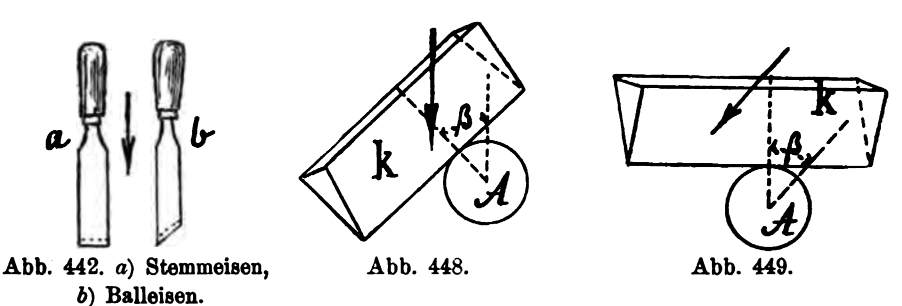


Abb. 442. *a*) Stemmeisen, *b*) Balleisen. Abb. 448. Abb. 449.

So kleine Zuschärfungswinkel, wie sie nötig wären, kann man an den Werkzeugen deshalb nicht anbringen, weil die Schneide keine Dauerhaftigkeit hätte, sie würde den Seitenkräften nicht standhalten. Man muß bei diesen Materialien in vielen Fällen den gezogenen Schnitt, Abb. 446, anwenden, welchen wir bereits früher kennen gelernt haben (S. 17).

Der gezogene Schnitt ist im wesentlichen übereinstimmend mit jenem Schnitte, bei welchem die Schneide des Werkzeuges nicht normal zur Bewegungsrichtung steht.

In Abb. 447 *a* steht die Schneide des Werkzeuges, des gewöhnlichen Stemmeisens, senkrecht, hingegen bei dem Balleisen, Abb. 447 *b*, steht sie schräg zur Richtung der Bewegung. Denken wir uns einen Keil *k* nach Abb. 448 auf ein zylindrisches Werkstück aufgesetzt und vertikal niedergedrückt, so ist, relativ betrachtet, die Einwirkung auf das Arbeitsstück genau dieselbe, als wenn wir einen Keil nach Abb. 449 zur Wirkung brächten. In diesem zweiten Falle, welcher in den ersten sofort übergeht, wenn man das ganze Massensystem entgegen der Uhrzeigerrichtung um den Winkel β verdreht, haben wir ein Beispiel gezogenen Schnittes. In beiden Fällen ist das Arbeitsstück A senkrecht zur Bildebene fortgesetzt und an seiner Verlängerung festgehalten gedacht.

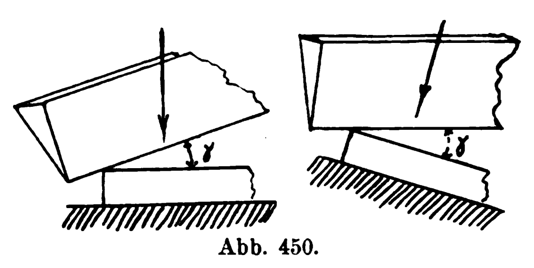


Abb. 450.

Bei anderer Werkstückform und Stützung könnte es leicht scheinen, als wäre zwischen gezogenem Schnitte und gedrücktem Schnitte mit schiefer Schneide ein wesentlicher Unterschied. Es ist dies jedoch nicht der Fall; es muß nur die relative Lage von Werkzeug und Werkstück dieselbe sein (Abb. 450). Der gezogene Schnitt ist gekennzeichnet durch die Lage der Werkzeugschneide zur Bewegungsrichtung.

Beim gezogenen Schnitte kann der Winkel α, Abb. 451, beliebig klein werden, wodurch auch der Winkel ψ, mit welchem das Eindringen des Keiles erfolgt, entsprechend klein wird. Hingegen ist die Schräglage der Schneide an praktische Grenzen gebunden, welche mit der Formgebung zusammenhängen. Ob man gezogenen Schnitt oder schräggestellte Schneide anwendet, hängt somit von verschiedenen Erwägungen bei der praktischen Lösung gewisser Arbeitsaufgaben ab. Die Schrägstellung der Schneide beim Balleisen und beim schrägen Simshobel (s. Hobeln) bezweckt, ein Ausreißen

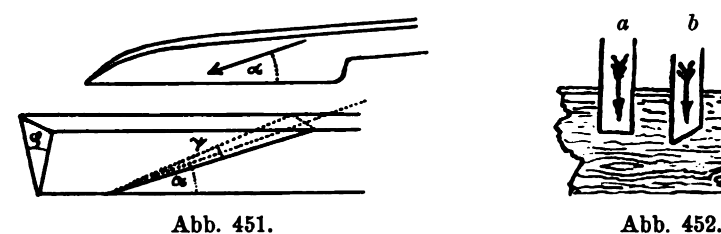


Abb. 451. Abb. 452.

der Holzfasern zu verhindern; denn bei der Schneide *a*, Abb. 452, wirken die verschiedenen Schneidepunkte gleichzeitig auf ein längeres Stück derselben Holzfaser ein, während die Schneide der Lage *b*, Abb. 452, auf viele verschiedene Fasern einwirkt, hingegen eine bestimmte Faser momentan nur in einem Punkte faßt, dieselbe daher durchschneidet und nicht ausbricht.

Als zweite Gruppe betrachten wir jene Einwirkungen, welche durch die Bewegung von keilförmigen Schneiden, mit gleichfalls symmetrisch zur Bewegungsrichtung liegenden Keilflächen schief gegen die Oberfläche des Werkstückes erfolgen (Abb. 453). Man sieht sofort, daß der Winkel,

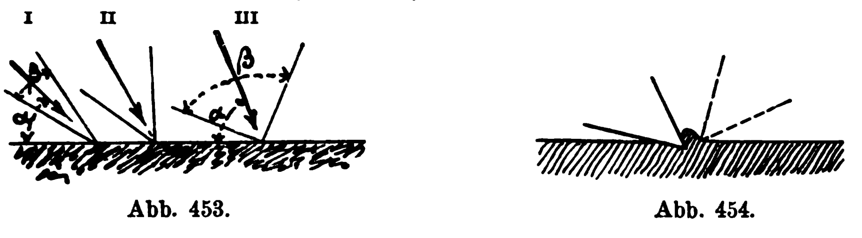


Abb. 453. Abb. 454.

welchen die Bewegungsrichtung mit der Oberfläche des Werkstückes einschließt, d. i. $\sphericalangle\ \alpha$, stets größer als der halbe Zuschärfungswinkel, d. i. $\frac{\beta}{2}$ sein muß.

Bei bildsamen Materialien werden unsymmetrische Schichtenverschiebungen eintreten, auch wird der Widerstand des Materials auf die beiden Keilflächen bedeutend verschieden sein, so daß die Schneide auf Biegung beansprucht wird. Ein spitzwinkliger Stahlkeil auf irgendwelches hämmerbare Material im Sinne der Abb. 453 I angewendet, wird bald gebrochen werden, ein Keil größeren Zuschärfungswinkels, Abb. 453 II, wird auch nur auf geringere Tiefe einzudringen vermögen, man wird jedoch, wie dies mittelst des Bank- und Kreuzmeißels geschieht, Materialteilchen aufstauchen

und bei wiederholter, teilweise versetzter Lage des Werkzeuges auch abtrennen können. Abb. 454 soll dies andeuten. Man kann durch Meißelarbeit, durch allmähliches Abtrennen von Spänen vorspringende Zacken von einem Eisengusse abmeißeln, den Rand einer Blechplatte bemeißeln, in einer Welle z. B. eine Keilnut herstellen u. dgl. m.; man wird aber von der Meißelarbeit, trotz der Einfachheit der anzuwendenden Mittel (Meißel und Hammer) doch nur dann Gebrauch machen, wenn es nicht möglich ist, durch andere, rascher wirkende oder weniger Handarbeit erfordernde Mittel denselben Zweck zu erreichen.

Auf spröde Materialien läßt sich die Meißelarbeit zum Abtrennen von Teilchen, beziehungsweise zur Formgebung sehr wohl anwenden. Bei der Steinbearbeitung, insbesondere der Bildhauerei, ist Meißel und Hammer in mannigfachster Anwendung, desgleichen werden die bereits früher erwähnten Werkzeuge, Picke, Zweispitz, Krönel auch in schräger Richtung zur Oberfläche des Werkstückes mit ähnlichem Erfolge wie der Meißel verwendet.

Zur Bearbeitung von Holz werden keilförmig zugeschliffene Werkzeuge, in schräger Richtung gegen die Oberfläche des Arbeitsstückes gedrückt oder gestoßen, sehr häufig angewendet. So dient das Reifmesser, Abb. 455, zum Zuschneiden von Werkzeugstielen, deren Ende in der Schnitzbank, S. 157, gehalten ist; hierbei zieht der Arbeiter das Messer gegen sich.

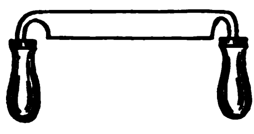


Abb. 455. Reifmesser.

Die Axt bewirkt bei schräg unter verschiedenem Winkel geführten Hieben ein Abtrennen gröberer Späne, wodurch eine Querschnittsverminderung des Stammes eintreten kann; z. B. Zuspitzen von Pfählen, Fällen der Bäume.

Auf die sogenannten schneidbaren Materialien, Kork usw., wendet man nur Werkzeuge mit kleinem Zuschärfungswinkel und hierbei überdies mit gezogenem Schnitte an.

Liegen die Keilflächen nicht symmetrisch zur Bewegungsrichtung, so wird im allgemeinen eine andere Art der Schichtenverschiebung und mithin des Eindringens des Werkzeuges erfolgen, es hat aber doch das in den vorstehenden Ausführungen für die verschiedenen Materialgruppen Gesagte auch hier im wesentlichen seine Gültigkeit.

Liegt eine der Keilflächen, wie in II und III der Abb. 456 parallel zur Bewegungsrichtung, so nennen wir ein Werkzeug dieser Schneideform einseitig zugeschliffen. Der einseitige Zuschliff gewährt für manche Arbeiten und auch für die Herstellung des Werkzeuges gewisse Vorteile.

Das deutsche Stemmeisen ist beiderseits, das englische einseitig zugeschliffen. Dasselbe gilt von dem deutschen, beziehungsweise dem englischen Beitel oder Lochbeitel, dessen Dicke etwas größer als die Breite gehalten ist. Aus nachstehender Abb. 457 ist sofort ersichtlich, daß die Herstellung der vertikalen Wand eines Zapfenloches sich viel leichter

mit einem englischen als mit einem deutschen Lochbeitel, beziehungsweise Stemmeisen herstellen läßt.

Die Äxte sind beiderseitig zugeschliffen, die Beile gewöhnlich einseitig. Es wird sich daher eine ebene Fläche mit einem Beile viel leichter behauen lassen, als mit der Axt.

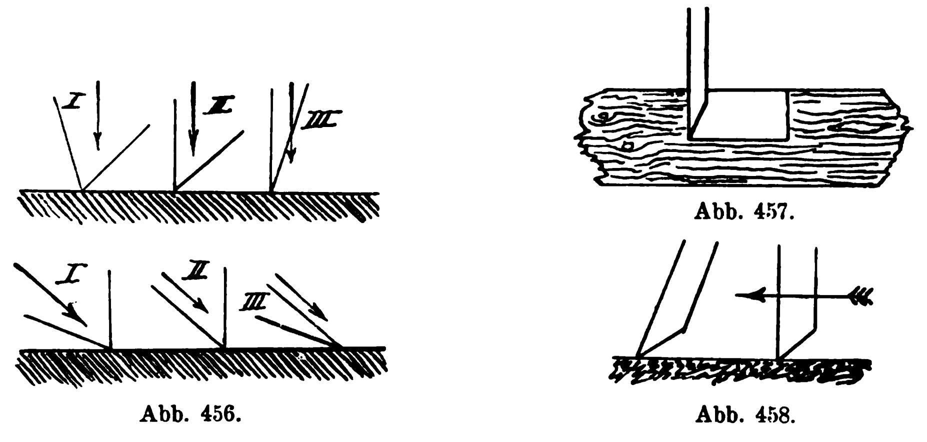


Abb. 456. Abb. 457. Abb. 458.

Die Richtung der Bewegung des Werkzeuges sei parallel zur Oberfläche des Werkstückes (Abb. 458).

Soll das Werkzeug Späne nehmend einwirken, so muß es unter Druck zur Anwendung kommen, oder es muß unter dem Niveau des Werkstückes angestellt sein, und sodann gegen das Werkstück bewegt werden.

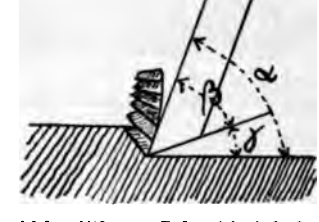


Abb. 459. α Schneidwinkel, β Zuschärfungswinkel, γ Anstellwinkel.

Von wesentlichem Einflusse auf den Arbeitsvorgang sind der Schneidwinkel α, der Zuschärfungswinkel β und der Anstellwinkel γ (Abb. 459).

Die Größe des Schneidwinkels α hat Einfluß auf die Art der Bildung der Späne; je größer dieser Winkel ist, um so mehr wirkt die Vorderfläche des Werkzeuges stauchend auf das abzuschiebende Material.

Von der Größe des Zuschärfungswinkels β hängt die Widerstandsfähigkeit des Werkzeuges gegen Bruch oder Verbiegung der Schneide wesentlich ab.

Der Anstellwinkel γ beeinflußt den Widerstand, welcher dem Eindringen des Werkzeuges in normaler Richtung zur Oberfläche des Werkstückes entgegen steht. Wäre Winkel γ gleich Null, so würde das Werkzeug, statt mit einer Kante, mit einer Fläche auf das Werkstück drücken und vermöchte nicht anzugreifen. Der Anstellwinkel muß daher größer als Null sein.

Die Wahl der richtigen Winkel ist für die Arbeit so wichtig, daß eine nähere Betrachtung hierüber erforderlich wird.

Je widerstandsfähiger das Material ist, je mehr wird die Schneide des Werkzeuges auf Bruch beansprucht, daher muß auch der Zuschärfungswinkel entsprechend groß gewählt werden. Mit wachsendem Zuschärfungswinkel wächst auch der Schneidwinkel, denn es ist derselbe gleich der Summe aus Zuschärfungs- und Anstellwinkel. $\alpha = \beta + \gamma$. — So lange α nicht wesentlich größer als 90° geworden, findet die Spanbildung bei Eisen, Kupfer, Zink und vielen Legierungen in der Weise statt, daß vor der Kante des Werkzeuges sich eine Rutschfläche bildet, über welche das Spanmaterial ruckweise, schuppenbildend[1]) ansteigt, wie dies Abb. 460 andeutet. Bei weichen Materialien, z. B. Blei, ist diese Schuppenbildung kaum erkenntlich, doch verkürzt sich der Span bedeutend, d. h. es kann bei einem Schneidwinkel von 90° die Spanlänge etwa $^1/_5$ der behobelten Länge betragen.

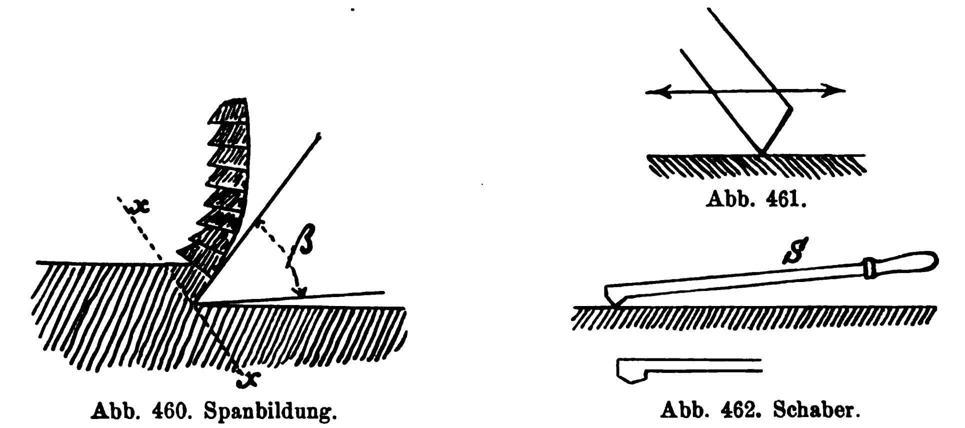


Abb. 460. Spanbildung.

Abb. 461.

Abb. 462. Schaber.

Wächst der Schneidwinkel bedeutend über 90°, dann findet nur mehr schabende Wirkung statt (Abb. 461). Man macht von Werkzeugen mit so großen Schneidwinkeln bei der Schabarbeit Gebrauch, die Werkzeuge heißen Schaber und können die in Abb. 462 dargestellten Formen aufweisen; der Zuschärfungswinkel kann auch größer als 90° sein. Das Werkzeug wird mit wachsendem Winkel immer schwerer in das Material eindringen, die abgetrennten Teilchen werden dann außerordentlich fein. Man wendet Schaber in den mannigfachsten Formen an.

Kleine Zuschärfungs- und Schneidwinkel lassen sich nur auf Materialien geringer Festigkeit, z. B. Holz, Blei usw. anwenden. Hierbei ist es für die spanbildende Wirkung ganz gleichgültig, ob die Ebene des Anschliffes die Lage von Abb. 463 *a* oder *b* hat, es kommt lediglich auf die Größe der Winkel an. Die Lage *a* ist die gewöhnliche, sie kommt bei den meisten Hobeln und bei der gebräuchlichen Anstellung der Werkzeuge bei den Hobelmaschinen, Drehbänken und anderen Werkzeugmaschinen zur Anwendung. Die Lage *b* wird hingegen vom Graveur bei der Arbeit mit Sticheln meist zur Anwendung gebracht. Der Stichel liegt mit seinem runden Griffe in der

[1]) Steine brechen körnig oder pulverig aus. Holz verhält sich je nach der Faserlage verschieden.

Hohlhand des Arbeiters und derselbe bringt das Werkzeug drückend zur Wirkung, wie dies Abb. 464 andeutet. Auch bei einem kleinen amerikanischen Hobel hat das Werkzeug die Lage Abb. 463 *b*, wodurch sich dem Werkzeuge eine Form geben läßt, welche sich gut in die Hohlhand einlegt.

In vielen Fällen, beim Bohren, Ausreiben, beziehungsweise Erweitern

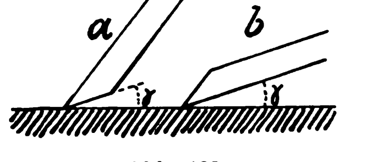


Abb. 463.

Abb. 464. Stichel.

von Löchern rotiert das Werkzeug, in den zahlreichen Fällen der Dreharbeiten rotiert das Arbeitsstück. Dasjenige, was früher über die Bedeutung des Schneid-, Zuschärfungs- und Anstellungswinkels gesagt wurde, gilt auch

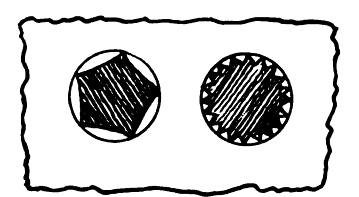


Abb. 465. Schabend wirkende Reibahlen.

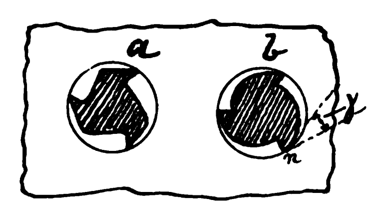


Abb. 466. Schneidend wirkende Reibahlen.

hier. Es ist sofort einzusehen, daß Werkzeuge von konischer Form und den Querschnittsformen der Abb. 465 nur schabend wirken können. Ein solches Werkzeug ist die zur Erweiterung von gebohrten Löchern in Metall oft ver-

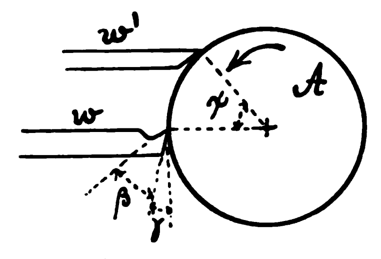


Abb. 467. Dreharbeit. Werkzeugstellung *w* richtig, *w'* unzulässig.

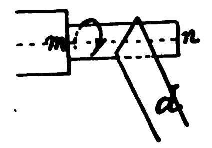


Abb. 468. Grundriß.

wendete Reibahle. Das Werkzeug ist schwach konisch, im Querschnitt meist fünfeckig.

Reibahlen der Querschnittsformen Abb. 466 können schneidend wirken, der Schneidwinkel ist bei *b* 90°, bei *a* kleiner als 90°. Der Anstellwinkel ist jener Winkel, welchen die Tangente an die Kurve des Werkzeugrückens mit der Tangente an den Lochkreis im Punkte *n* Abb. 466 *b* einschließt.

In Abb. 467 stellt *A* ein rotierendes Werkstück dar. Ist das Werkzeug *w* so festgestellt, daß die Verlängerung der oberen Fläche durch die Rotations-

achse geht, so kann der Zuschärfungswinkel ein großer werden. Ist hingegen das Werkzeug hoch gestellt, z. B. nach w', so kann der Zuschärfungswinkel, wie aus der Abbildung ersichtlich ist, nur kleiner als $90 - \psi$ werden, denn bei dieser Grenze wird der Anstellwinkel bereits 0. Aus der Vergleichung der beiden Werkzeugstellungen w und w', Abb. 467, erkennt man noch folgendes. Wird das Werkzeug durch den bei der Spannbildung entstehenden Druck gebogen, so wird diese Durchbiegung bei der Stellung w' ein tieferes Eindringen des Werkzeuges in das Material, daher eine gesteigerte Durchbiegung und schließlich den Bruch bedingen; bei der Stellung w wird die Durchbiegung eine Verminderung des Eindringens der Schneide veranlassen, die Schneide wird gleichsam zurückgezogen, daher ein Bruch des Werkzeuges bei der Anstellung im Niveau der Achse des Arbeitsstückes (Höhe der Drehbankspindel) nicht leicht eintreten kann.

Bei den Drehbänken ist aus diesen Gründen die Einstellung des Werkzeuges in das Niveau der Drehbankspindel gebräuchlich. Eine Ausnahme bildet zuweilen der Gebrauch des sogenannten Drehmeißels (ähnlich dem Balleisen) beim Holzdrehen, welchen man häufig in der Weise anwendet, wie dies die Grundrißabbildung 468 andeutet. Die Schneide des Werkzeuges kreuzt hier die zu höchst liegende Erzeugende mn des Werkstückes. Bei dieser Lage kann ein Einziehen des Werkzeuges nicht erfolgen. Die in Abb. 468 skizzierte Stellung der Schneide weicht von der bei allen früheren Fällen angenommenen wesentlich ab, die Schneide steht hier zur Bewegungsrichtung schief, während der Winkel, welchen die Schneide des Werkzeuges in den betrachteten Fällen mit der Bewegungsrichtung einschloß, 90° betrug.

Wir wollen den Winkel, welchen die Schneide mit der Bewegungsrichtung einschließt, Aufsetzwinkel nennen, und mit δ bezeichnen. Stehe die vordere Werkzeugfläche wie in Abb. 469 und 470 normal zur Oberfläche des Arbeitsstückes; so wird die abgetrennte Materialmenge bei einem Aufsetzwinkel $\delta = 45^0$ sich nahezu ungestaucht zur Seite schieben. Ist das Werkzeug, wie dies gewöhnlich der Fall ist, wesentlich schmäler als das Arbeitsstück, dann müßte bei gleichem Aufsetzwinkel das Werkzeug die Gestalt Abb. 470 annehmen und es erhielte hierdurch bei i eine Spitze, welche dem Abbrechen leicht unterworfen wäre. Es empfiehlt sich deshalb bei der vorderen Fläche von der Ebene abzusehen und dem Werkzeuge etwa die Gestalt der Abb. 471 zu geben, wodurch die Gefahr des Abbrechens der Werkzeugspitze vermindert ist und doch das seitliche Abfließen des Spanes erfolgen kann. Hervorragende, in großen Dimensionen ausgeführte Beispiele stellen jene Pflüge dar, welche zugleich ein Wenden (Umlegen) des abgepflügten Bodenprismas vornehmen sollen.

Bei der Anstellung und Angriffsweise der Werkzeuge soll auch darauf Bedacht genommen werden, daß durch den unvermeidlichen vom Werkzeuge ausgeübten Druck keine die Genauigkeit der Arbeit wesentlich beeinträchtigende Durchbiegung des Arbeitsstückes erfolgt. Wird z. B. ein längeres Werkstück auf der Drehbank bearbeitet, so wird eine Anstellung des Werk-

zeuges wie es die Grundrißabbildung 472 andeutet, deshalb vorzuziehen sein, weil hierbei die vom Werkzeuge ausgeübte Pressung nahezu in die Achsenrichtung des Werkstückes fällt, daher nur zu geringer Durchbiegung Veranlassung geben kann.

Die Arbeits- oder Schnittgeschwindigkeit beträgt bei der Metallbearbeitung mit spänenehmenden Werkzeugen aus Kohlenstoffstahl etwa 100 *mm* oder 10 *cm* (Schnelldrehstähle gestatten die 3- bis 5fache Schnittgeschwindigkeit), bei der Holzbearbeitung kann sie 1 *m* bis 20 *m* betragen. Die verhältnismäßig geringe Schnittgeschwindigkeit bei der Metall- insbesondere der Eisenbearbeitung ist zur Erhaltung des Werkzeuges, wenn dasselbe aus Kohlenstoffstahl hergestellt ist, notwendig, weil sich dasselbe

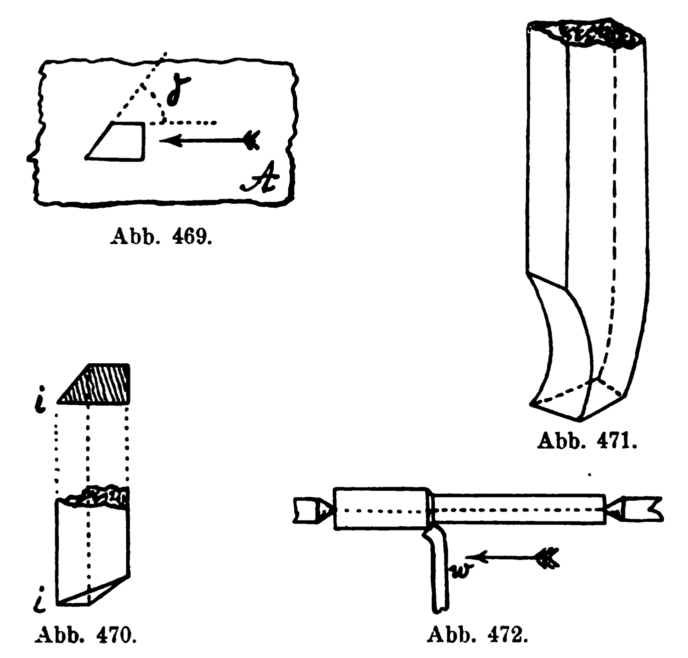


Abb. 469.

Abb. 470.

Abb. 471.

Abb. 472.

trotz Schmierung mit Seifen- oder Kalkwasser oder Öl bei hohen Schnittgeschwindigkeiten so erhitzen würde, daß der Werkzeugstahl seine Härte verlöre.

Der mechanische Vorgang beim Abtrennen von Spänen ist nicht einfach. Die Untersuchungen von Thime[1]) und Haußner lehren, daß bei dem

[1]) Mémoire sur le rabotage des métaux par J. Thime, professeur à l'institut des mines. St. Pétersbourg 1877.

Über das Hobeln von Metallen vom Dipl. Ing. Alfred Haußner (dz. Prof. in Brünn) in den Mitt. d. technol. Gewerbemuseums in Wien 1892, S. 117 bis 179. Diese Abhandlung enthält auch die Übersetzung der Arbeit von Thime.

S. ferner „Versuche über die günstigste Form der Schneidestähle“ von Joessel. Dingler's polyt. J. 1865 und „Das Messen des Widerstandes der Metalle bei Anwendung von Schneidestählen“ von Prof. Gust. Sellergren. Zeitschr. d. österr. Ingenieur- u. Arch.-Ver. 1896, S. 473.

Vorschreiten des Werkzeuges zunächst das Material zu fließen beginnt und sodann über eine Gleitfläche abrutscht. Diese Scher- oder Gleitfläche kann eine Ebene sein, wenn die gerade Schneide des Werkzeuges über die ganze Breite des Werkstückes sich erstreckt, sie wird aber, wie Haußner gezeigt hat, zu einer Kegelfläche, wenn der gebildete Span von zwei Seiten abgetrennt wird, wie dies gewöhnlich der Fall ist. Der Wechsel von Materialfluß und Abscheren bedingt bei der Mehrzahl der Metalle ein schuppiges Aussehen des Spanes. Bei spröden Metallen, wie dem Gußeisen, sind die einzelnen Schuppen in losem Zusammenhange, der Span ist meist kurz und sehr brüchig. Je zäher das Metall, um so zusammenhängender der Span. Weiches Flußeisen, weiche Bronze liefern lange, biegsame Späne, die Schuppen treten weniger deutlich auf als bei feinkörnigen, mittelharten Legierungen. Es läßt sich aus der Beschaffenheit des Spanes recht gut die Qualität des Materials erkennen.

Es haben wohl Thime, Haußner und Sellergren Formeln für den Hobelwiderstand gegeben, welche goniometrische Funktionen der Winkel enthalten, doch sind dieselben für den praktischen Gebrauch zu unbequem. Es dürften nachstehende Zahlen genügen. Nach Haußner's Versuchen bedarf das spänenehmende Werkzeug pro 1 mm^2 abzunehmender Materialschicht je nach seiner Gestalt und Anstellung und dem Verhältnis von Spanbreite zur Dicke einer Druckkraft, spezifischer Hobelkraft,

für Gußeisen von 43 bis 96 *kg*,
für Martineisen von 100 bis 160 *kg*,
für Rotguß von 43 bis 84 *kg*.

Hierbei ist zu bemerken, daß der Schneidwinkel zwischen 55° und 72° und der Quotient aus Spanbreite durch Spandicke zwischen 0·3 und 5 betrug, mithin der Einfluß dieser Größen auf den spezifischen Hobeldruck kleiner war, als dies gemeiniglich angenommen wird.

Die Spanbildung erfolgte bei Haußner's Versuchen durch geradlinige Bewegung des Werkzeuges — hobeln.

Sellergren's Versuche wurden an Drehbänken durchgeführt, sie ergaben einen spezifischen Werkzeugdruck:

für Gußmessing von 67 bis 86 *kg*,
für Gußeisen von 90 bis 113 *kg*,
für Schmiedeeisen von 76 bis 150 *kg*,
für Bessemereisen von 82 bis 110 *kg*,
für Bessemerstahl mit 0·5% *C.* von 117 bis 138 *kg*.

Dieselben Zahlen, welche den spezifischen Werkzeugdruck in Kilogramm ausdrücken, geben auch die Arbeit in Millimeterkilogramm für 1 mm^3 Spanvolumen oder die Arbeit in Meterkilogramm für 1 cm^3 an.

Als abgerundete Mittelzahl kann 100 *kg* für den Quadratmillimeter Spanquerschnitt und 100 *mkg* Arbeit für den Kubikzentimeter abgetrennten Materials angenommen werden.

Die gewöhnlich beim Nehmen von Spänen angewendete Schmierung mit Öl oder Seifenwasser hat den Vorteil, das Werkzeug kühl zu halten, übt aber auf den Widerstand geringen Einfluß.

Der Widerstand beim Abdrehen von außen wächst mit der Zunahme des Radius ein wenig, weil die Scherfläche an Größe zunimmt; er ist stets etwas kleiner als beim Hobeln.

Beim Abdrehen von innen („ausdrehen") findet das Gegenteil statt. Für $R = \infty$ geht der Widerstand des Drehens in den Widerstand des Hobelns über. Der Vergleich der Zahlen Haußner's und Sellergren's zeigt jedoch, daß diese Widerstände weniger hiervon, als vom Material, der Werkzeugform u. dgl. abhängen.

Wenn man für genügende Kühlung des Werkzeuges sorgt und sehr dünne Späne nimmt, so kann für Messing die Geschwindigkeit von 500 *mm*, für Gußeisen von 120 *mm* empfohlen werden, für Schmiedeeisen wurde der geringste spezifische Widerstand bei 60 *mm* Geschwindigkeit gefunden. Stumpf gewordene Schneidkante vermehrt den Widerstand wesentlich, daher sind die Werkzeuge scharf zu halten.

Die zum Antriebe der Werkzeugmaschine erforderliche Arbeit wird etwa 2·5mal der reinen Nutzarbeit sein. Betrüge die reine Nutzarbeit für das Abtrennen von 1 cm^3 von Eisen 100 *mkg*, so wären der Maschine 250 *mkg* Arbeit zuzuführen; soll diese Leistung pro Sekunde erfolgen, so wären $3^1/_3$ Pferdekraft zum Antrieb der Maschine erforderlich.

Die unzweifelhaft sehr hohen Pressungen, welche das Abtrennen verhältnismäßig schwacher Späne bereits erfordern, verlangen sowohl kräftige Werkzeuge als auch kräftige Werkzeugmaschinen.

Allgemeine Bemerkungen über den Gebrauch und die Anordnung der Werkzeugmaschinen.

Die Hauptaufgaben der Werkzeugmaschinen bestehen in der Anarbeitung von ebenen Flächen und Rotationsflächen, im Bohren von Löchern, und im Schneiden von Schrauben; zumeist ist auch verlangt, daß die Ebenen aufeinander senkrecht stehen, oder ebene Anarbeitungsflächen senkrecht zur Achse von Rotationsflächen liegen. Die Herstellung anderer Flächen findet nur ausnahmsweise statt und kommen wir auf dieselben erst später zu sprechen.

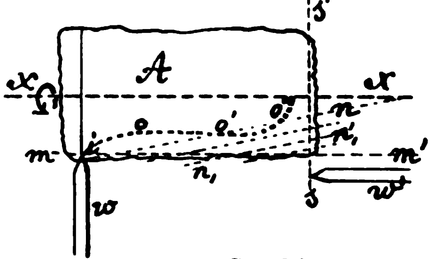


Abb. 473. Grundriß.

Denken wir uns, ein Arbeitsstück rotiere um eine fixe Achse xx (Abb. 473) und lassen wir auf dasselbe ein Werkzeug w einwirken, dessen Spitze i in derselben Horizontalebene liege wie die Achse xx, so wird dasselbe bei allmählicher Annäherung eine Furche einschneiden, welche konzentrisch

zu xx liegt. Denken wir das Werkzeug sehr langsam nach der Geraden $mm' \parallel xx$ bewegt, so wird das Arbeitsstück nach einer Zylinderfläche abgedreht, diese Arbeit heißt egalisieren.

Fände die Bewegung nach der horizontalen Geraden in statt, was allerdings nicht sofort geschehen könnte, sondern ein allmähliches, schichtenweises Abdrehen nach $n_1 n_1'$ usw. voraussetzen würde, so erhielten wir einen Kegel, die Arbeit hieße konisch drehen. Durchliefe die Werkzeugspitze nach allmählicher Annäherung die Kurve $ioo'o''$, welche gleichfalls im Niveau der Achse xx läge, so erhielten wir einen Rotationskörper, die Arbeit hieße runddrehen. Ließen wir ein Werkzeug w' längs der die Achse xx schneidenden horizontalen Geraden $ss' \perp xx$ sich bewegen, so würde an das Werkstück eine Ebene angedreht, diese Arbeit hieße plandrehen. — Die so erhaltene Ebene stünde senkrecht auf der Rotationsachse.

Wäre das Werkstück hohl und würde der Durchmesser der Höhlung durch ein Werkzeug, welches von der Innenseite aus zum Angriff kommt, vergrößert, so nennt man dies ausdrehen.

Alle diese Arbeiten werden drehen genannt und auf Werkzeugmaschinen ausgeführt, welche Drehbänke heißen.

Eine der wichtigsten Arbeiten, welche auch auf Drehbänken sehr häufig ausgeführt wird, ist das Schneiden von Schrauben. Hierbei wird das Werkzeug parallel zur Drehbankspindel wie beim Egalisieren, jedoch mit größerer Geschwindigkeit bewegt. Legt das Werkzeug während einer Umdrehung gleichförmig den Weg s zurück, so wird eine Schraube von der Ganghöhe s gebildet. Die Gestalt der Gewinde — scharfe, flache, runde — hängt von der Gestalt und Anwendungsweise der Werkzeuge ab.

Die Anwendung des Drehens und der Drehbänke ist demnach eine höchst mannigfache und durch das Gesagte noch lange nicht erschöpft.

Sind an ein und demselben Arbeitsstücke verschiedene Rotationsflächen und solche ebene Flächen, welche auf der Achse der Rotationsflächen senkrecht stehen, anzuarbeiten, dann bedient man sich immer des Drehens, beziehungsweise der Drehbänke. Haben die anzuarbeitenden Rotationsflächen verschiedene Achsen, dann müssen sie nacheinander unter entsprechender Umspannung des Arbeitsstückes hergestellt werden.

Die in Abb. 474 skizzierte gekröpfte Welle wird z. B. zunächst in die Drehbank so eingespannt, daß sie um die Achse aa' rotiert, in welcher Lage die Zylinder cc und die ebenen Flächen ff' bearbeitet werden. Hierauf findet das Umspannen mittelst der punktiert gezeichneten Hilfsstücke derart statt, daß nun die Rotation um die Achse bb' erfolgt und der Kurbelzapfen z abgedreht werden kann. Von der diesbezüglichen Einrichtung der Drehbank wird später gesprochen werden.

Anarbeitungen durch geradlinige Bewegung des Werkzeuges zum Arbeitsstücke oder des letzteren zum Werkzeuge bezeichnet man gewöhnlich als hobeln.

Denken wir uns z. B. ein Arbeitsstück *A* Abb. 475 auf einem horizontal verschiebbaren Schlitten befestigt und mit diesem geradlinig hin und her bewegt, das Werkzeug *w* (Abb. 475) für jeden Rechtsgang des Schlittens festgehalten, so wird längs einer horizontalen Geraden ein Span genommen. Verschiebt man nach jedem Schnitte das Werkzeug um die Spanbreite in horizontaler Richtung, senkrecht zur Bildebene, so wird Span auf Span so abgenommen, daß eine horizontale Ebene angearbeitet wird. Die Maschine, welche diese Arbeit besorgt, heißt Hobelmaschine.

Die Bewegung des Werkstückes bedingt im vorbeschriebenen Falle die Abtrennung des Spanes, so wie dies auch beim Drehen der Fall war. Diese Bewegung kann man daher sinngemäß Arbeitsbewegung nennen. Die ruckweise Verschiebung des Werkzeuges *w* (Fig. 475), oder die kontinuierliche Verschiebung desselben beim Drehen, ermöglicht es, daß der Span nach einer Fläche abgetrennt wird, deren Charakter aus der Verbindung

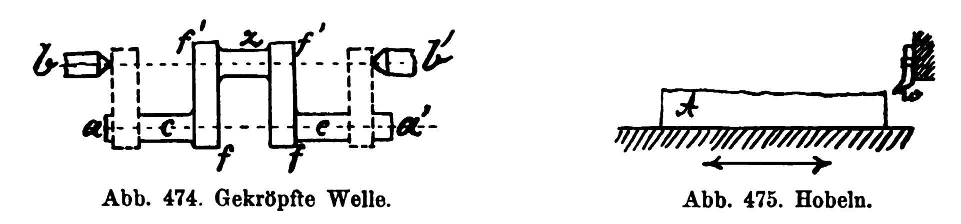


Abb. 474. Gekröpfte Welle.

Abb. 475. Hobeln.

der Werkstück- und Werkzeugbewegung bestimmt ist; diese Werkzeugbewegung heißt Schaltbewegung. Endlich sind gewisse Bewegungen erforderlich, welche dazu dienen, dem Werkstücke oder dem Werkzeuge, oder beiden, jene Lage zu geben, welche zum Beginne der Arbeit erforderlich ist. Diese Bewegungen heißen wir Einstellbewegungen.

Jedem Techniker ist es sofort klar, daß es bei Erzielung einer bestimmten Arbeit nur auf die relative Bewegung zwischen Werkstück und Werkzeug ankommt. Es ist daher einleuchtend, daß wir mit dem ganz gleichen Arbeitsergebnisse dem Werkzeuge *w* Abb. 475 auch die geradlinige Arbeitsbewegung, dem Werkstücke die darauf senkrechte ruckweise Schaltbewegung geben können. Ja es kann auch Werkstück oder Werkzeug festgestellt und dem zweiten Teile Arbeits- und Schaltbewegung gegeben werden. Hobelmaschinen, bei welchen das Werkzeug die Arbeitsbewegung macht, finden meist für kleine Arbeitsstücke unter der Benennung Feil- oder Shapingmaschinen Anwendung.

Die Einstellbewegung wird sowohl beim Hobeln als Drehen hauptsächlich in einer Bewegung des Werkzeughalters, des Supports (dieses Wort ist englischer Abstammung, Träger, Stütze bedeutend) bestehen; es gibt jedoch auch Hobelmaschinen, bei welchen auch das Werkstück durch Einstellbewegungen in die richtige Lage gebracht wird.

Denken wir uns die Hobelmaschine nach Abb. 476 so abgeändert, daß das Werkzeug die Arbeitsbewegung, das Arbeitsstück um die unverrückbare

Achse xx die Schaltbewegung (ruckweise Drehung) macht, so wird das Ergebnis die Anarbeitung einer zylindrischen Fläche sein. Man nennt dies rundhobeln.

Zylinder wird man stets vollkommener und rascher durch Drehen herstellen, handelt es sich jedoch um Zylindersegmente (Abb. 477, I und II), so ist die Bearbeitung durch Drehen ausgeschlossen. Sehr oft macht man hierbei vom Rundhobeln Gebrauch. Andere Mittel hierzu wären die Stoßmaschine und die Fräsmaschine. Die am Werkstücke vorher angebrachten Löcher (Bohrungen) dienen zur Aufspannung auf der Achse xx Abb. 476.

Die Stoßmaschine ist in der Wirkung mit der Hobelmaschine übereinstimmend. Das Werkzeug ist an einen vertikal beweglichen Schuber befestigt und die Arbeit besteht in dem Bestoßen vertikaler Flächen, welche auch Kreiszylindersegmente sein können. Mit den Stoßmaschinen werden sehr häufig auch die Keilnuten von Zahnrädern, Riemenscheiben u. dgl.

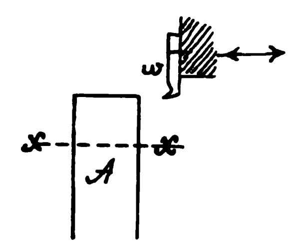



Abb. 476. Rundhobeln.

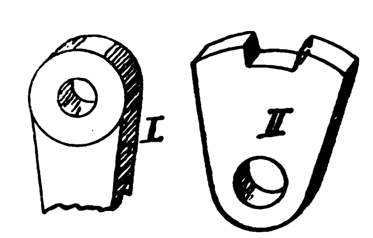


Abb. 477. Anwendungen des Rundhobelns.

hergestellt. Das Arbeitsstück ist auf einem Tische befestigt, und erhält entweder geradlinige oder Drehschaltbewegung.

Mittelst der Hobel-, Shaping- und Stoßmaschinen können bei einem Aufspannen des Arbeitsstückes mehrere zueinander parallele, stufenweise am Arbeitsstücke liegende Ebenen angearbeitet werden, aber auch dazu senkrechte oder geneigte Ebenen dann, wenn die Maschine mit den hierzu erforderlichen Schaltbewegungen eingerichtet ist.

Das Bohren ist eine Arbeit, bei welcher durch ein rotierendes, langsam fortschreitendes Werkzeug — den Bohrer — ein zylindrisches Loch dadurch erbohrt wird, daß das den Lochraum füllende Material in Späne verwandelt wird.

Findet das Bohren maschinell statt, so wird dem Bohrer durch den Mechanismus mindestens die rotierende Bewegung erteilt. Die fortschreitende Bewegung kann der Bohrer, beziehungsweise die Bohrspindel entweder durch entsprechende Belastung oder durch einen Mechanismus erhalten, welcher von Hand aus oder selbsttätig bewegt wird; es kann aber dem rotierenden Werkzeuge auch das Arbeitsstück genähert werden. Die Arbeitsbewegung, sowie die kontinuierliche Schaltbewegung erhält zumeist das Werkzeug.

Die Anordnung ist gewöhnlich eine vertikale. Das Arbeitsstück ist dann auf einem horizontalen Bohrtische befestigt. Gestattet der Bohrtisch zwei aufeinander senkrechte Horizontalbewegungen — Einstellbewegungen — so kann man jeden Punkt des Werkstückes unter die Bohrachse bringen und so beliebig viele Löcher mit zueinander parallelen Achsen bohren.

Man kann natürlich auch bei horizontaler Anordnung der Bohrspindel bohren; es geschieht dies auf sogenannten Horizontalbohrmaschinen oder auch unter Anwendung der Drehbank, indem man mit der Drehbankspindel den Bohrer, mit dem Support das Arbeitsstück verbindet oder umgekehrt. Soll ein zylindrischer Hohlraum erweitert oder genauer gestaltet werden, so kann dies auf Zylinderbohrmaschinen geschehen. Das Werkstück, z. B. der Dampfzylinder, ist zentrisch zur Bohrwelle festgestellt, mit dieser ist der Träger der Werkzeuge, der Bohrkopf, verbunden. Der Bohrkopf macht eine drehende und langsam fortschreitende Bewegung; auf jede Umdrehung kommt ein Vorschub um die Spandicke. Unter Umständen hat man die Wahl, ob man von dem Ausbohren oder dem Ausdrehen Anwendung machen will; im ersteren Falle rotiert das Werkzeug (Bohrkopf), im zweiten Falle das Werkstück.

Die Arbeiten des Drehens, Hobelns und Bohrens finden selbstredend auch auf Holz Anwendung, doch gestattet und fordert dieses Material wesentlich kleinere Zuschärfungswinkel der Werkzeuge und bedeutend größere Geschwindigkeit des Schnittes.

Während bei der Metallbearbeitung das Gießen, Schmieden oder Walzen gewöhnlich die Rohform der Arbeitsstücke liefert, ist bei der Holzbearbeitung zumeist das Sägen als Vorarbeit in Verwendung. Durch das Sägen werden aus den Stämmen Bretter und Latten hergestellt und diese erst der weiteren Bearbeitung zugeführt. Da es jedoch prinzipiell dieselbe Arbeit ist, ob man einen Baum in Bretter teilt oder von einem kleinen Holzstückchen ein Stück mit der Säge abtrennt, so dürfen wir uns erlauben vom Sägen erst später zu sprechen.

Wir schreiten zunächst zu einer kurzen Besprechung und schematischen Darstellung der Haupttypen der gewöhnlichsten Werkzeugmaschinen.

Diese Besprechung wird uns zeigen, daß diese Maschinen gewisse einfache Elemente (Drehpaare, Prismenpaare, Schraubenpaare) in häufig wiederkehrender Gestaltung aufweisen. Diese Elementarformen werden wir sodann näher betrachten und hierauf erst zur Einzelbesprechung der wichtigen Arbeiten, Drehen, Bohren, Hobeln, Sägen, Fräsen usw. übergehen. In den nächstfolgenden Abbildungen bedeutet:

Horizontale geradlinige Verstellbarkeit { in der Zeichenebene; senkrecht zur Zeichenebene
Vertikale Verstellbarkeit | Drehbewegung
Kombinierte geradlinige und rotierende Bewegung
Pfeile: Arbeits- oder Hauptbewegung ⟶

Schaltbewegung ⟶
Einstellbewegung o⟶

Die Abb. 478 bis 480 stellen die Schemata von **Drehbänken**, und zwar der **Prisma-**, **Wangen-** und **Plandrehbank** vor, wobei die schiefen Pfeile die Beweglichkeit senkrecht zur Zeichenebene anzeigen. In diesen Abbildungen entspricht *S* dem sogenannten **Spindelstocke**, *s* dem **Support**, *R* der Gegenstütze für längere zylindrische Arbeitsstücke, **Reitstock** genannt.

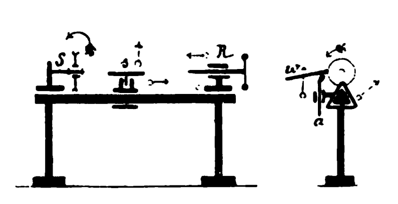


Abb. 478. Prismadrehbank. *S* Spindelstock, *R* Reitstock, *s* Support.

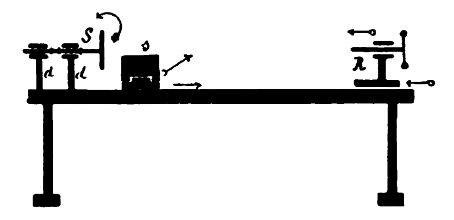


Abb. 479. Wangendrehbank. *S* Spindelstock, *R* Reitstock, *s* Support.

In Abb. 478 (Seitenansicht) ist *w* das von Hand aus an der Auflage *a* gehaltene Werkzeug. Die Schnurrolle läuft hier lose auf der **festgestellten** Spindel, diese und der Reitnagel enden in eine konische Spitze (Körner). (Abdrehen zwischen toten Spitzen. Näheres s. Drehen.)

Abb. 479, die Drehbankspindel rotiert, sie ist in beiden Docken *d* des Spindelstockes gelagert. Der Support *s* macht die kontinuierliche Schaltbewegung in der Längenrichtung der Bank. Das Werkzeug ist auf dem Support *s* durch Schrauben festgestellt.

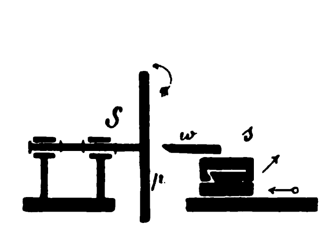


Abb. 480. Plandrehbank.

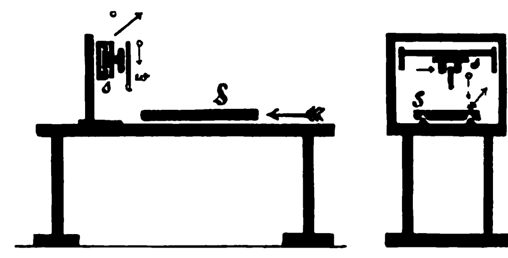


Abb. 481. Metallhobelmaschine.

Die **Plandrehbank**, Abb. 480, zeigt die mit der Drehbankspindel verbundene **Planscheibe** *p*, auf welcher große Gegenstände scheiben- oder ringförmiger Gestalt, Schwungräder, Seilscheiben usw. aufgespannt und am Umfange und an der Stirnseite abgedreht werden können. Zu letzterem Zwecke, dem Plandrehen, erhält der Support senkrecht zur Bildebene die Schaltbewegung, wie dies der schräge Pfeil andeutet.

Die Abb. 481, 482 und 483 zeigen schematisch die Anordnung der gewöhnlichen **Metallhobelmaschine**, der **Shapingmaschine** und **Stoßmaschine**.

Die beiden Ansichten, Abb. 481, zeigen, daß der Schlitten *S*, auf welchem das Werkstück aufgespannt wird, die Arbeitsbewegung macht. Der das Werkzeug tragende Support *s* macht die horizontale Schaltbewegung und kann im vertikalen und horizontalen Sinne Einstellbewegungen erfahren; *w* ist das Werkzeug.

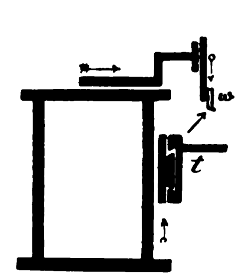


Abb. 482. Shaping- oder Feilmaschine.

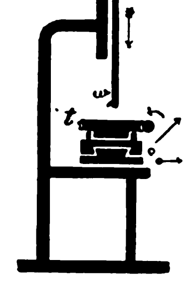


Abb. 483. Stoßmaschine.

Bei der Shapingmaschine, Abb. 482, macht das Werkzeug *w* die Arbeitsbewegung, der Tisch *t* die Schaltbewegung. — *t* und *w* können Einstellbewegungen erfahren.

Die Stoßmaschine, Abb. 483, besitzt einen vertikal geführten Schlitten, welcher das Werkzeug *w* trägt; dasselbe macht die Arbeits-

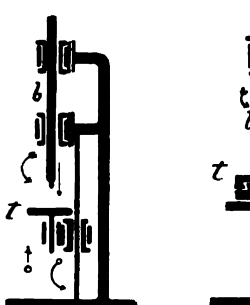




Abb. 484. u. 485. Vertikal- oder freistehende Bohrmaschinen.

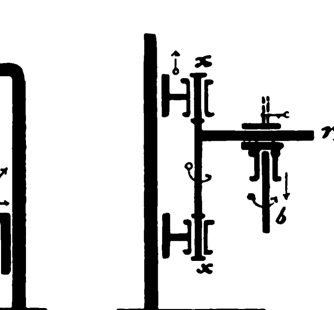


Abb. 486. Radialbohrmaschine.

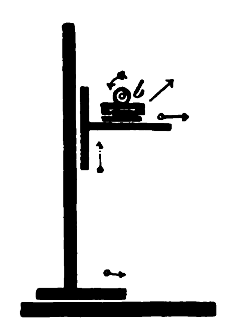


Abb. 487. Horizontalbohrmaschine.

bewegung. Der Tisch *t* kann eine ruckweise drehende und zwei aufeinander senkrechte horizontale, geradlinige Schaltbewegungen, je nach Bedarf erhalten. Zudem kann der ganze Tisch eine horizontale Einstellbewegung empfangen.

Bei den Vertikalbohrmaschinen, Abb. 484 und 485, erhält die Bohrspindel *b* sowohl die rotierende als fortschreitende Bewegung (Arbeits- und Schaltbewegung). Der Tisch *t* besitzt nach Abb. 484 eine vertikale und eine Dreheinstellbewegung; in Abb. 485 eine vertikale und zwei aufeinander senkrechte horizontale Einstellbewegungen.

Bei der Radialbohrmaschine, Abb. 486, welche auch eine vertikale Bohrspindel mit Arbeits- und kontinuierlicher Schaltbewegung besitzt, läßt

sich der Arm r um xx drehen, an der Säule mit seinen Lagern heben, und es läßt sich der eigentliche Bohrmechanismus längs des Auslegers oder Radius r verschieben. Alle diese drei Bewegungen dienen dem Einstellen.

In Abb. 487 ist eine Horizontalbohrmaschine schematisch gekennzeichnet. Die Bohrspindel b liegt horizontal, sie erhält sowohl die rotierende als fortschreitende Bewegung. Die Einstellbewegungen sind durch die drei Pfeile angegeben.

Die beiden Abb. 488 und 489 zeigen die Hauptanordnung zweier Langlochbohrmaschinen.

Unter einem Langloch versteht man eine Vertiefung, deren Grundriß von zwei parallelen Geraden und zwei, dieselben verbindenden Halbkreisen begrenzt ist. ▬ Der Langlochbohrer, dessen Skizze sich später bei den Bohrern finden wird, erlangt gleichzeitig eine rotierende und langsam fortschreitende Bewegung. Ist derselbe an einem der beiden Langlochenden

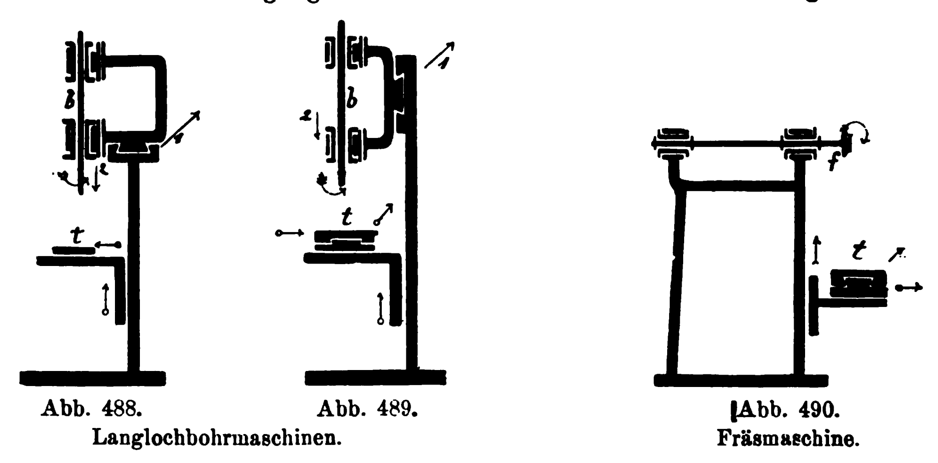


Abb. 488. Abb. 489.
Langlochbohrmaschinen.

Abb. 490.
Fräsmaschine.

angelangt, so erhält er einen axialen Vorschub um etwa 0·3 bis 0·5 *mm* und tritt sofort, ohne die Rotation zu unterbrechen, den Rückweg zum andern Lochende an usw. Die Langlochbohrmaschine arbeitet daher wesentlich anders als die gewöhnlichen Bohrmaschinen Die Bohrspindel b, Abb. 488, 489, erhält die rotierende Arbeitsbewegung und zwei Schaltbewegungen, nämlich die horizontale Rückkehrbewegung Pfeil 1, und die ruckweise Vertikalbewegung Pfeil 2. Der Tisch t erhält nur Einstellbewegungen.

Fräsen sind rotierende Stahlwerkzeuge mit mehreren Schneiden, welche entweder in einer Kreiszylinderfläche oder in einer Rotationsfläche beliebiger Gestaltung liegen. Die Arbeitsbewegung der Fräsen f, Abb. 490, 491, ist stets eine rotierende Bewegung mit etwa 300 *mm* Schnittgeschwindigkeit. Es kann die Achse oder Frässpindel horizontal, Abb. 490, oder vertikal, Abb. 491, angeordnet sein. Die kontinuierliche Schaltbewegung kann entweder dem Tische t, Abb. 490, gegeben werden, welcher das Arbeitsstück trägt, oder dem die Fräswelle tragenden Frässchlitten, Abb. 491.

In der ersteren Abb. erhält der Tisch *t* die Einstellbewegungen, in der zweiten die das Arbeitsstück tragende Achse *a*, deren Lagerung in der Abbildung nicht näher dargestellt ist.

Denken wir uns die Fräswelle, Abb. 490, sehr rasch (etwa tausendmal schneller) rotierend und daran statt einer Fräse einen Messerkopf befestigt, dessen Schneiden eine Rotationsfläche durchlaufen, so wird die Maschine Holz hobeln können. Abb. 492 stellt das Schema einer kleinen,

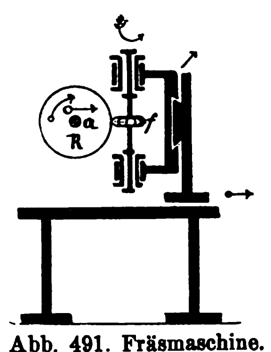


Abb. 491. Fräsmaschine.

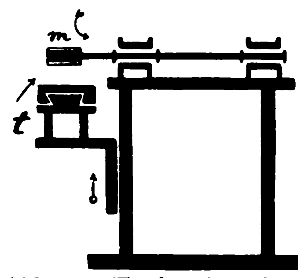


Abb. 492. Holzhobelmaschine.

nur mit einem Messerkopf arbeitenden H o l z h o b e l m a s c h i n e vor, dessen Übereinstimmung mit Abb. 490 augenfällig ist.

Überblicken wir nochmals die schematischen Darstellungen, die von den Dreh-, Hobel-, Bohr- und Fräsmaschinen gegeben wurden, so ist die nahe Verwandtschaft im Baue dieser verschiedenen Werkzeugmaschinen zweifellos. Der Techniker, welcher diesen Darstellungen mit Aufmerksamkeit folgte, wird eine wertvolle Übung unternehmen, wenn er diese ein-

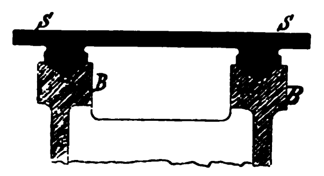


Abb. 493. Kraftschlüssige Geradführung bei Hobelmaschinen.

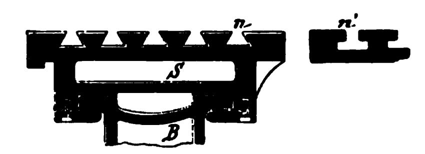


Abb. 494. Paarschlüssige Geradführung.

fachen Skizzen aus dem Gedächtnisse wiedergibt. Wie in der Mathematik Übung nur mit dem Bleistifte in der Hand erlangt werden kann, so ist in der Technologie das volle Verständnis nur durch s e l b s t ä n d i g e s S k i z z i e r e n zu erlangen.

Längere und kürzere G e r a d f ü h r u n g e n, zumeist in Form von P r i s m e n p a a r e n,[1]) stehen in mannigfachster Anwendung und sollen zunächst einige derselben durch die Abb. 493 bis 501 dargestellt sein. Genaue Geradführung setzt genaues Anliegen der Flächen des Voll- und Hohlprismas, d. h. durch Schabarbeit[2]) rektifizierte Ebenen voraus.

[1]) Hierunter ist der in die Kinematik durch R e u l e a u x eingeführte Ausdruck zu verstehen, s. seine Kinematik, S. 94.

[2]) s. S. 144 und 388.

Abb. 493 stellt eine kraftschlüssige Führung dar, wie sie bei Hobelmaschinen gewöhnlich ist. Die an der Unterseite des Schlittens S angebrachten Prismen gleiten in Nuten des Bettes B; diese Nuten besitzen unten bei o eine Furche, welche einerseits bestimmt ist, Schmiermittel (Öl) aufzunehmen, anderseits das Auflaufen und Verreiben der Prismakante ausschließt. Von o ausgehend, sollen Ölfurchen in den Gleitflächen oder in Öl laufende Schmierkegel angebracht sein.

Die Führung Abb. 494 ist seltener angewendet, sie ist ohne weiteres verständlich. Die obere Fläche des Schlittens ist mit trapezförmigen oder ⊥-förmigen Längsfurchen n, n' zum Aufspannen der Arbeitsstücke versehen. Hierzu bedient man sich verschieden langer Schrauben, deren Köpfe in die Nuten eingeschoben werden. Bei der Form n' Abb. 494 können die

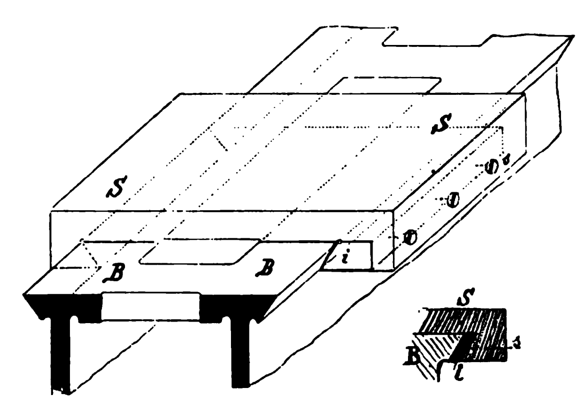


Abb. 495. B Bett, S Schlitten, i Beilage, s Druckschräubchen, vertikale Schräubchen, welche i mit S verbinden, sind gedeckt.

Schraubenköpfe auch von oben eingesteckt und dann um 90° gedreht werden, wenn sie die Form: besitzen.

Durch den Gebrauch nutzen sich die Führungsflächen ab, wodurch ein Spiel entstehen kann, welches die Genauigkeit der Führung und hierdurch auch die Genauigkeit der Arbeit beeinträchtigt. Um dieses Spiel zu beseitigen, sind in vielen Fällen nachstellbare Beilagen (Gleitstücke, Anziehleisten), in den Abb. 495 bis 501 mit i bezeichnet, angewendet.

Indem die Abnutzung in der Regel keine in der ganzen Länge des festgestellten Prismas gleichmäßige ist, sondern gewöhnlich innerhalb jener Wegstrecken, welche den für die Arbeit meistgebrauchten Verschiebungen entsprechen, eine größere ist, so können die Nachstellschienen i den Fehler nicht vollkommen ausgleichen, es muß vielmehr von Zeit zu Zeit durch Schabarbeit eine Berichtigung über die ganze Länge des führenden Prismas erfolgen.

In Abb. 495, 496 und 497 sind die zumeist gebräuchlichen Anwendungsarten der Beilagen i dargestellt.

Mit s sind die Druckschräubchen bezeichnet, deren Anziehen das Anliegen der Beilage an der Führungsfläche bedingt. Die Anordnung Abb. 497 wird nur dort gebraucht werden, wo es auf ganz genaue zentrische Einstellung des Schlittens S ankommt, wie z. B. bei Durchschnitten (Lochmaschinen). Hier finden die Schrauben s' ihre Muttern in B, sie gehen durch ovale Löcher der Beilagen, so daß die Schrauben s', lose angezogen, die Verschiebung von i durch s nicht hindern.

Die Anordnungen Abb. 498 bis 501 finden seltener Anwendung. Die Form und Lage der Beilage i ist in Abb. 498 und 500 eine solche, daß

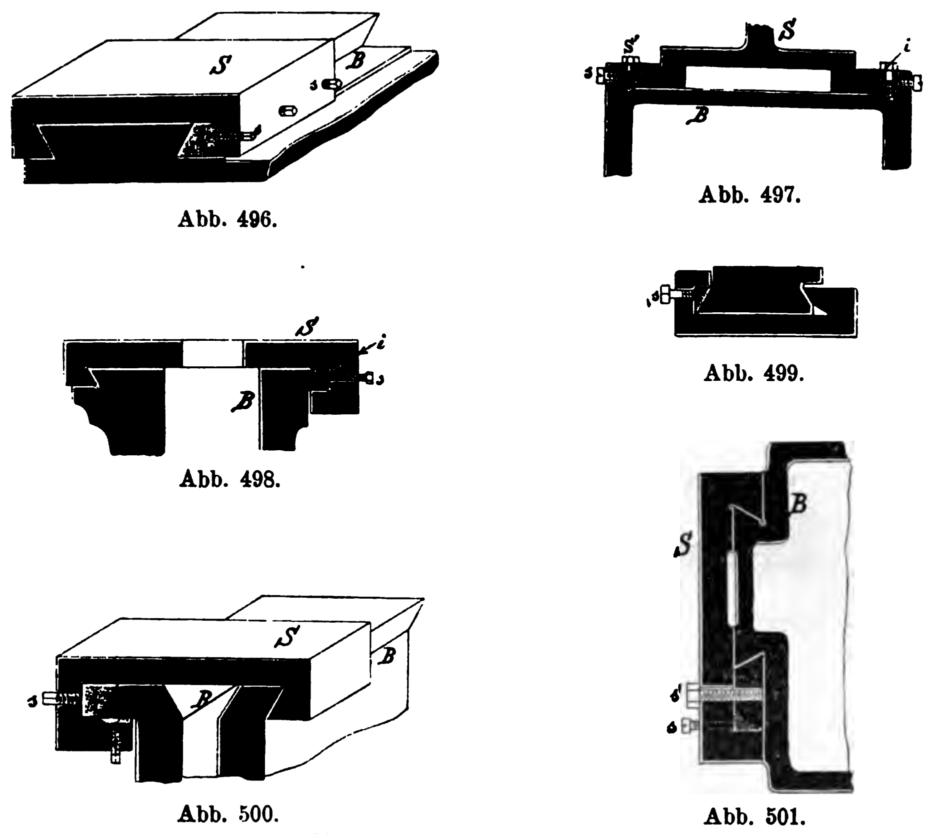


Abb. 496. Abb. 497. Abb. 498. Abb. 499. Abb. 500. Abb. 501.

Verschiedene Geradführungen.

die Platte S die Neigung zum Hub erhält, was vermieden werden soll und in Abb. 500 durch eine zweite Beilage verhindert wird, wodurch die Anordnung an Einfachheit einbüßt und sich nur ausnahmsweise rechtfertigt. Auch die Anordnung Abb. 501 findet nur selten Anwendung. In den Abb. 495 bis 501 ist angedeutet, daß den scharfen Kanten der Führungen Vertiefungen der einspringenden Winkel gegenüberstehen. Der Zweck ist bereits S. 401 gelegentlich der Besprechung von Abb. 493 angegeben.

Die beiden Abb. 502 und 503 stellen keine eigentlichen Geradführungen, sondern die Verstellbarkeit eines Bestandteiles an einem andern

und die Art der Feststellung dar; obwohl auch hier die Verstellung nach einer geraden Linie erfolgt. In diesen Abbildungen sind die Teile *R* und *I* an dem Bette *B* oder *II* verschiebbar und findet die Feststellung durch Anziehen der Schraube *s* statt.

Es verdient hervorgehoben zu werden, daß die Geradführungen in sogenannte Innenführungen und Außenführungen unterschieden

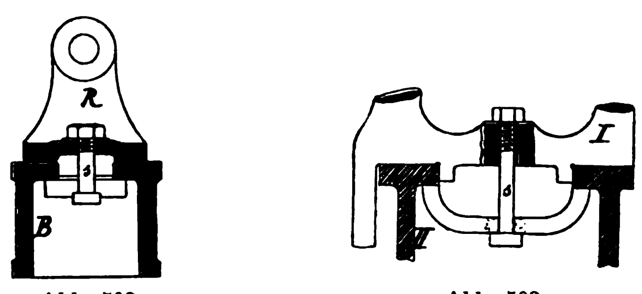


Abb. 502. Abb. 503.
Anordnungen zum Feststellen verschiebbarer Stücke.

werden können, und daß die Außenführungen dem Ecken (vgl. S. 28) weniger unterworfen sind. Die beistehenden Figuren zeigen, daß der Widerstand, welchen die in die Führung einbeißende Ecke *e* bei der Innenführung ausübt, die Verdrehung, beziehungsweise das Ecken vermehren

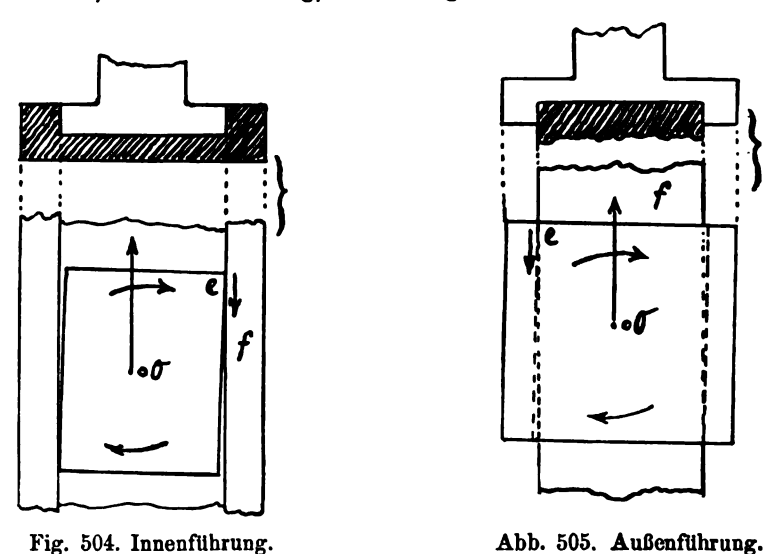


Fig. 504. Innenführung. Abb. 505. Außenführung.

hilft, hingegen bei der Außenführung derselben entgegenwirkt. Auf alle Fälle ist es anzuraten, die Ecken des geführten Stückes abzurunden; Abb. 504 und 505. (Rezek: Über Führungen. Mitteil. des technol. Gewerbe-Museums 1894.)

Die Konstruktion von Teilen, welche zueinander relative Drehung gestatten sollen, von Drehpaaren, ist gleichfalls mannigfach und in den

verschiedensten Verbindungen bei Werkzeugmaschinen durchgeführt. Am häufigsten ist es Aufgabe, eine **Spindel in festgestellten Lagern** so anzuordnen, daß dieselbe geeignet ist Pressungen senkrecht und parallel zur Achse auszuhalten, ohne in ihrer Lage eine nachteilige Veränderung

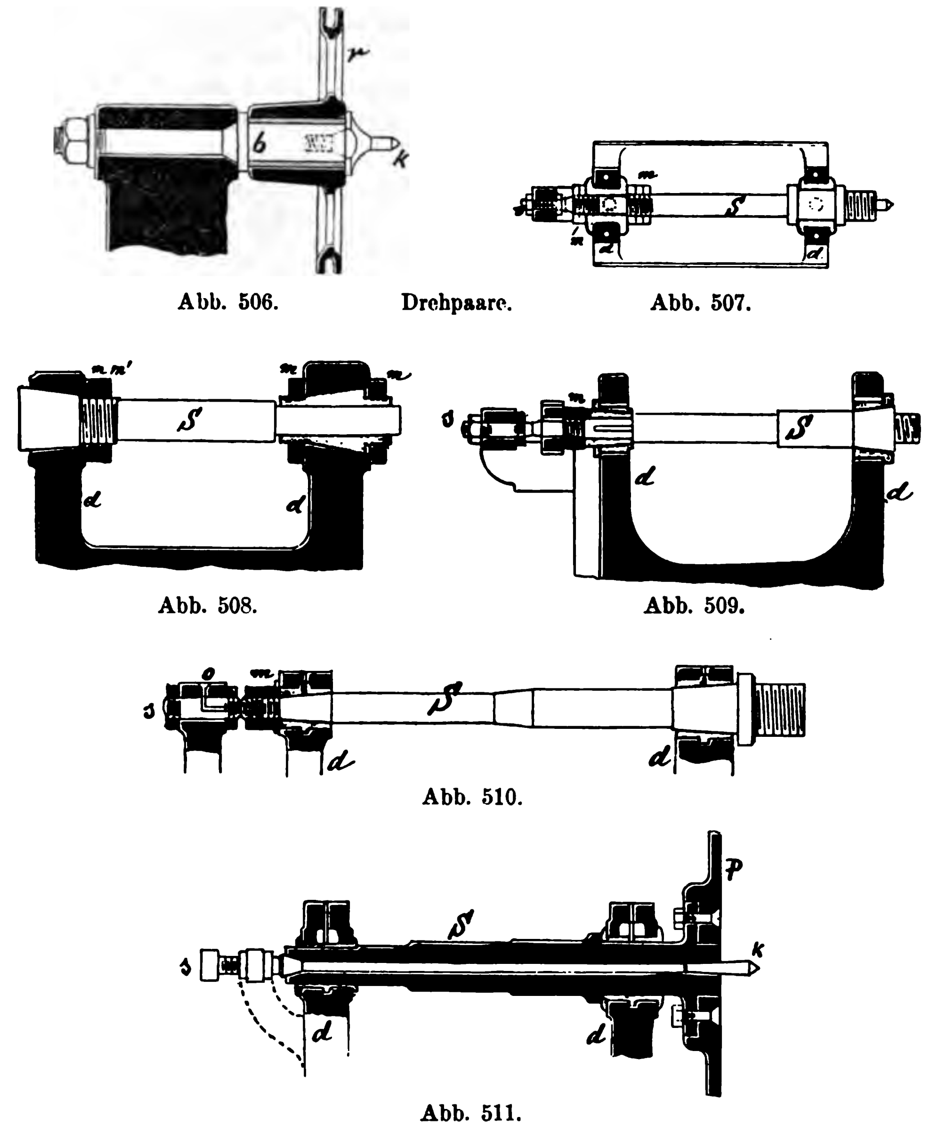


Abb. 506. Drehpaare. Abb. 507.

Abb. 508. Abb. 509.

Abb. 510.

Abb. 511.
Verschiedene Arten der Lagerung von Drehbankspindeln.

zu erfahren. Die Abb. 506 bis 511 stellen Drehpaare vor, wie sie bei Drehbänken Anwendung finden. Abb. 506 ist eine Form, welche bei kleinen Drehbänken (Prismadrehbänken, vgl. Abb. 478) zur Anwendung kommt. Die Rolle *r* läuft lose auf dem festgestellten Bolzen *b* und das Arbeitsstück wird durch Mitnehmer von *r* aus in Umdrehung gesetzt. Abb. 507

ist die Daraufsicht eines Spindelstockes mit zylindrischen (geteilten) Lagern, Abb. 511 der Vertikalschnitt durch den oberen Teil des Spindelstockes einer Plandrehbank mit ebensolchen Lagern. (Vgl. Abb. 479 und 480.)

Die Lagerschalen nutzen sich n i e gleichmäßig ab, sondern vorwaltend an jenen Stellen, welche die Pressungen aufzunehmen haben, d. i. unten und namentlich an der dem Werkzeugdrucke entgegenwirkenden Lagerseite. Es entsteht hierdurch ein Spielraum, welcher durch Anziehen (Niederschrauben) der oberen Lagerschale nicht behoben werden kann. Ist aber die Spindel nicht genau gelagert, so wird auch die Dreharbeit ungenau. Zum Zwecke der Richtigstellung müssen die Lagerschalen auf den Spindelzapfendurchmesser neu ausgedreht werden, was wohl möglich, aber sehr umständlich ist.

Bei vielen Dreharbeiten wird die Spindel in ihrer Längsrichtung zurückgedrückt. Die Pressung könnte wohl von den Lagerschalen an ihrer Stirn-

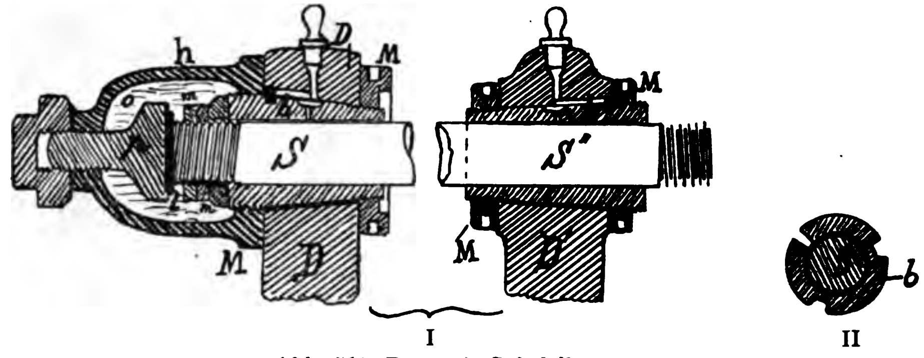


Abb. 512. Putnam's Spindellagerung.

fläche aufgenommen werden, doch ist es besser, weil mit geringerer Reibungsarbeit verbunden, wenn dieser Schub von der Endfläche einer Schraube *s* aufgenommen wird, welche in Abb. 510 samt einem Schmierkanale *o* dargestellt, jedoch auch in den Abb. 507, 509 und 511 ersichtlich ist.

Dem nachteiligen einseitigen Auslaufen der zylindrischen Lager hat man geglaubt durch konische Lager, Abb. 508 bis 510, abhelfen zu können, doch liegt auch diesen sehr häufig anzutreffenden Lagern die nicht zutreffende Annahme zugrunde, daß die Abnutzung eine durchweg gleichmäßige sei. Wäre dies der Fall, dann ließe sich allerdings durch Anziehen der Muttern *m*, Abb. 508 bis 510, der Fehler beheben. Der Ungleichmäßigkeit der Abnutzung wegen gelingt dies aber nicht und beschränkt sich der Vorteil der konischen Lagerung darauf, daß die Rektifikation der ungleich ausgelaufenen konischen Stücke zumeist etwas leichter vorzunehmen ist, weil sie oft mittelst konischer Fräsen oder durch Einschleifen möglich wird. Eine wirkliche Abhilfe erfolgte erst durch die Anwendung des Lagers von P u t n a m und durch die Anwendung g e h ä r t e t e r L a g e r z a p f e n u n d L a g e r s c h a l e n.

Das in den Abb. 512 I und II dargestellte Lager Putnam's hat anzieh-

bare Bronzeschalen, welche in Abb. 512 II im Normalschnitt dargestellt sind. Durch einen bis zum Lagerzapfen geführten Schlitz und durch zwei Nuten erlangt diese Lagerschale *b* die Fähigkeit, dicht an den Zapfen mittelst schwach konischer Schrauben, welche auf beiden Enden der Lagerschale aufgeschnitten sind, angedrückt werden zu können. Dieser Andruck erfolgt durch die Muttern *M*, welche gleichfalls schwach konisch sind. *S S'* sind die Zapfen der Drehbankspindel, *DD'* die beiden Docken des Spindelstockes. Das Ende der Spindel lehnt sich an die Lederscheibe *l*[1])

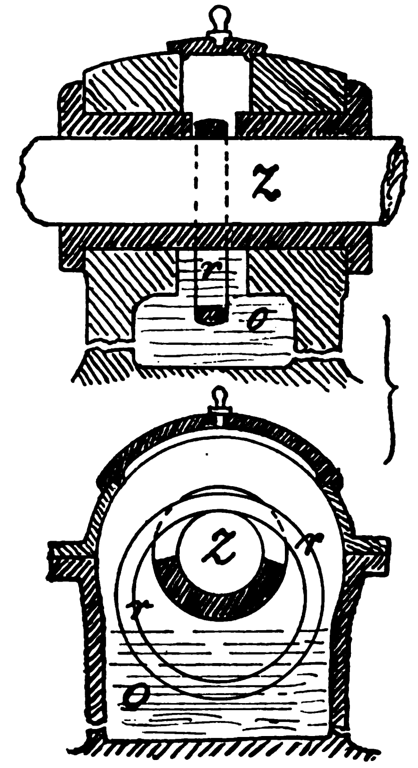


Abb. 513. Lager mit Ringschmierung.

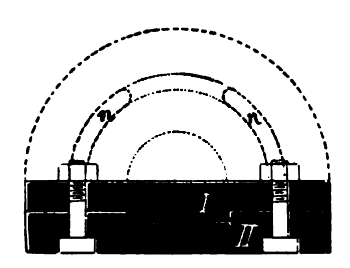


Abb. 514.
Drehpaar für Einstellbewegung.

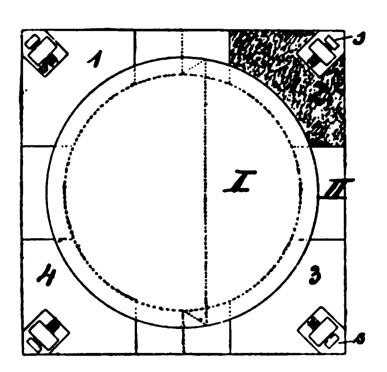


Abb. 515. Lagerung einer Vollscheibe auf Drehung.

und die Gegenstütze *p*. Die Hülse *h* ist mit Öl *o* gefüllt. *m m* sind Stellmuttern. *b* ist an der Drehung durch ein Zäpfchen verhindert. Das Anziehen der Lagerschalen hat so zu geschehen, daß die Drehbarkeit der Zapfen nicht beeinträchtigt wird. Überdies läßt sich das Lager *b* zweimal um je 120° verdrehen, wodurch auch die Abnutzung eine nahezu vollkommen gleichmäßige wird.

Die Anordnung gehärteter Lagerbüchsen und Zapfen bei gleichzeitig ausgiebiger Schmierung ist das vorzüglichste Mittel, exakte Lagerung durch lange Zeit zu erhalten.

[1]) Statt Leder wird vorteilhaft eine Masse gewählt, welche unter der Benennung Fibre von der Laminar Fibre Goods Company in Boston in den Handel gebracht wird.

Bei den besprochenen Lagerungen, vom letzten, bei welchem die Schmierung sehr reichlich ist, abgesehen, wird Schmieröl in die auf den Lagerscheiteln befindlichen kleinen Schmierbüchsen oder konischen Schmierlöcher getropft und soll dies genügen. Bei den Metalldrehbänken mit ihren verhältnismäßig geringen Drehungszahlen ist dies auch der Fall. Bei Lagern jedoch, welche rasch laufende Spindeln aufnehmen, z. B. bei Desintegratoren, Holzhobelmaschinen usw. usw. sind Lager mit Ringschmierung nach Abb. 513 sehr vorteilhaft. Die vorstehende Abbildung zeigt die Anordnung eines solchen Lagers. *o* ist das Ölgefäß, *r* der Ring, welcher lose auf dem Achszapfen läuft, und weil er in das Öl reicht, dasselbe bei der Drehung stetig dem Zapfen und seinen Lagern zuführt.

Die Abb. 514 und 515 stellen Drehpaare vor, welche mannigfache Anwendung teils für Einstellbewegung, teils für kontinuierliche oder ruckweise Schaltbewegung finden.

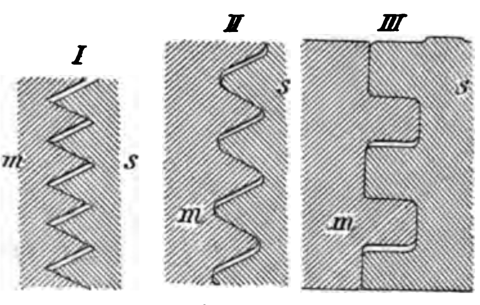


Abb. 516.

Die Platte I (Fig. 514) läßt sich gegen II relativ verdrehen, wenn die Schrauben gelüftet sind, weil die obere Platte konzentrische Schlitze *n n* besitzt, welche die Verdrehung entsprechend ihrer Länge zulassen. Mittelst der beiden Schrauben erfolgt die Feststellung.

Desgleichen gestattet die Anordnung Abb. 515 eine Drehbewegung von I gegen II. In den vertieften Rand der Scheibe I greifen die radial verstellbaren Segmente 1 bis 4 ein, welche mit der Grundplatte II in verschiedener Weise, entweder durch radiale Prismenführung oder radialen Schlitz und Klemmschraube in Verbindung stehen. Die Schräubchen *s* sind Stellschrauben, durch deren Anziehen die Segmente genau zum Anliegen an I gebracht werden können.

Die allgemeinen geometrisch-kinematischen Beziehungen zwischen Voll- und Hohlschraube, welche zusammen ein Schraubenpaar bilden, können als bekannt vorausgesetzt werden.

Hier seien nur jene Mittel besprochen, durch welche der Zwischenraum zwischen den Gängen der Voll- und Hohlschraube, welcher durch Abnutzung entsteht, beseitigt oder doch unschädlich gemacht werden kann. Die Schraubenflächen nutzen sich naturgemäß allmählich ab, insofern sie beim Gebrauche Kräfte vermitteln; hierdurch wird der Gang ungenau, d. h. es wird bei dem Richtungswechsel eine gewisse Drehung nötig sein, bevor wieder Anliegen

der Gewinde erfolgt, die Schraube hat „toten Gang“. Wären die Gewindgänge in Schnitte gleichseitige Dreiecke, so könnte die Abnutzung nach Abb. 516 I erfolgen und in diesem Falle ließe sich der entstandene Zwischenraum an beiden Seiten eines Durchmessers dadurch beheben, daß man die Mutter nach Abb. 517 teilt und die Teile gegeneinander zieht. Haben aber die Gewinde die gangbaren Formen (Abb. 516 II oder III), dann kann der „tote Gang“ nur dadurch behoben werden, daß man die Mutter aus Teilen zusammensetzt, welche voneinander in der Richtung der Achse der Schraube entfernt oder gegeneinander genähert werden können (Abb. 518 und 519).

Die Teilung der Mutter nach Abb. 517 kann deshalb nicht genügen, weil eine Abnutzung an den Abrundungsflächen (Abb. 516 II) oder an den zylindrischen Flächenteilen der Gänge (Abb. 516 III) nicht erfolgt, daher ein Zusammenziehen nach Abb. 517 nicht tunlich ist.

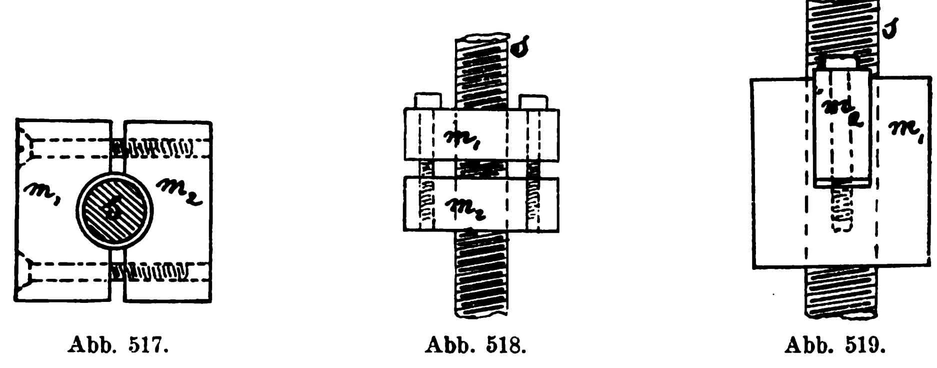


Abb. 517. Abb. 518. Abb. 519.

Mittel zur Beseitigung des toten Ganges.

Zeigt sich ein toter Gang, so müssen die Mutterteile m_1 m_2 Abb. 518, 519 durch die Stellschräubchen wieder zum Anliegen an die Spindel gebracht werden.

Verbindungen von Prismen-, Dreh- und Schraubenpaaren kommen in der mannigfachsten Weise bei den verschiedensten Werkzeugmaschinen zur Anwendung und seien im Folgenden einige charakteristische Beispiele gegeben.

Die zu lösende Aufgabe sei

1. die geradlinige Verschiebung eines an der Drehung verhinderten Teiles n durch Einwirkung eines Schraubenpaares, welches in der Richtung der Mittellinie (Achse) des Teiles n liegt. Diese Aufgabe ist u. a. in mannigfacher Weise bei den Reitstöcken der Drehbänke gelöst, wie dies die Abb. 520 bis 523 zeigen.

n (Abb. 520) ist der Reitnagel, welcher durch eine Längsnut x und ein in dieselbe eingreifendes festgestelltes Zäpfchen z oder statt dessen durch einen Keil (Feder und Nut) an der Drehung verhindert wird, wodurch n und d als Prismenpaar wirken.

Mit n wird entweder die Schraubenmutter m (Abb. 520, 521, 523) oder die Schraube s (Abb. 522) fest verbunden. Im ersteren Falle erhält die Schraube, im letzteren die Mutter durch ein Handrad die Drehbewegung und stets vermittelt ein eingedrehter Hals e, daß sich die Drehbewegung am Orte vollzieht. Indem sich somit entweder die Schraube oder die Mutter am Orte dreht, muß dasjenige Element des Schraubenpaares, welches mit n fest verbunden ist und dadurch auch n die geradlinige Bewegung

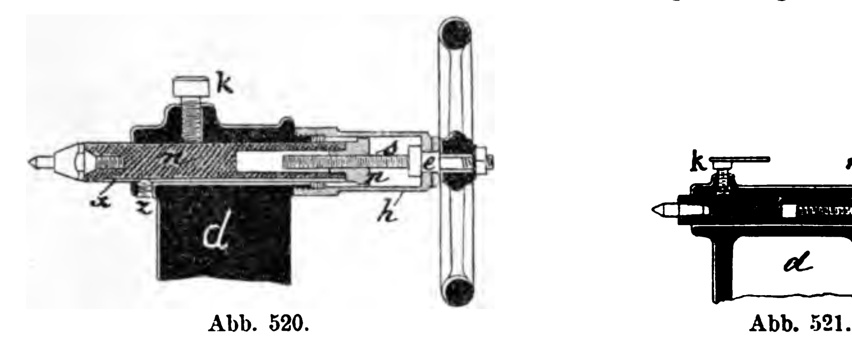


Abb. 520. Abb. 521.

machen.[1]) Bezüglich des eingedrehten Halses, welchen wir bereits bei Besprechung der Hobelbank (S. 155) kennen lernten, ist hervorzuheben, daß unter Umständen die in denselben eingreifende Platte p (Abb. 522) zweiteilig sein muß, damit sie angebracht werden kann. Ist der Reitnagel n

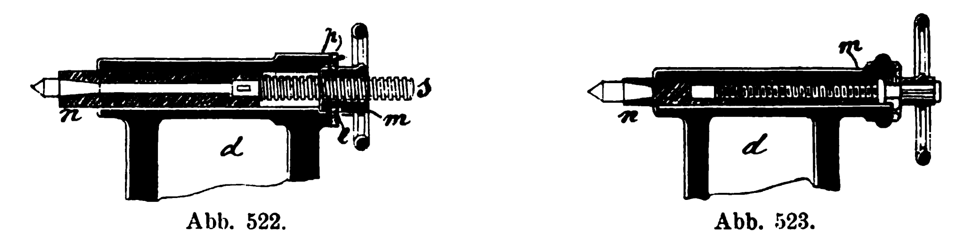


Abb. 522. Abb. 523.

nach Bedarf verschoben, so wird er festgestellt, was durch Klemmschrauben k (Abb. 520, 521) oder noch besser durch die in Abb. 524 skizzierte Klemmung geschehen kann, eine Klemmung, bei welcher das gußeiserne geschlitzte Rohr der Docke durch die Schraube s zusammengezogen wird. Diese, in verschiedenen Varianten angewendete Klemmung funktioniert ausgezeichnet.

2. Es sei ein Prisma längs seiner Führung durch ein Schraubenpaar zu bewegen, welches tunlichst in das Prismenpaar, häufig etwas unter die Mittellinie desselben, gelegt ist.

In Abb. 525 stellt P_1 das an P_2 gerade geführte Stück, P_1 P_2 somit ein Prismenpaar vor. In P_1 ist die Mutter m eingesetzt, die Schraube S liegt drehbar in P_2. Wird an das vierkantige Ende von S ein Handrad, eine Kurbel oder dgl. gesteckt und S gedreht, so ist die Mutter m und dadurch P_1 gezwungen, eine geradlinige Bewegung auszuführen.

[1]) Die drei Elementenpaare Prismen-, Schrauben- und Drehpaar bilden zusammen eine dreigliedrige, einfache kinematische Kette.

Die Anordnung der Abb. 525 läßt sich mannigfach abändern. Es kann z. B. die Schraube S links mit einem eingedrehten Halse versehen und nach rechts freitragend ausgeführt sein; oder man kann die Mutter mit dem Stücke P_2 verbinden und die Schraube in entsprechend ausgestaltete Fortsätze von P_1 lagern usw.

Natürlich können auch mehrere Geradführungen und Schraubenpaare übereinander angeordnet sein. Man kann eine Platte P_1 an P_2 von rechts nach links, P_2 an P_3 von vorne nach rückwärts verschiebbar anordnen, und wird mit der obersten Platte das Werkzeug verbunden, so kann dieses nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen die Schaltbewegung empfangen, eine Anordnung, wie sie bei den Supporten der Drehbänke und Hobelmaschinen gewöhnlich ist, daher solche Führungen auch den Namen Supportführungen tragen.

3. Ein Maschinenteil, z. B. die Bohrspindel, erhalte rotierende Bewegung und zudem nach Bedarf entweder eine langsam fortschreitende

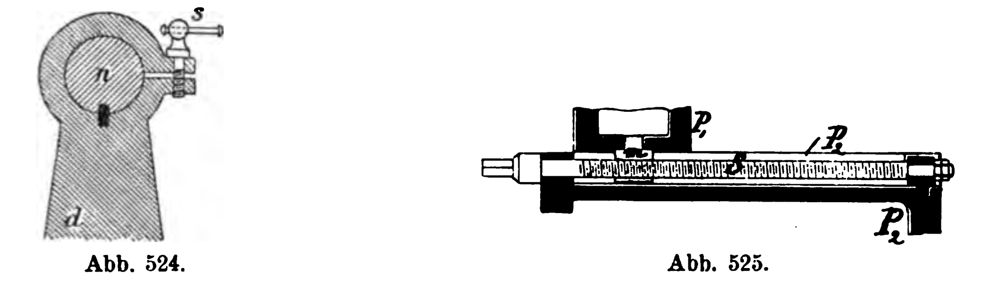


Abb. 524. Abb. 525.

Bewegung in der Richtung der Rotationsachse, oder eine rasche Einstellbewegung in der gleichen Richtung. Die fortschreitende Bewegung muß daher von der Drehbewegung völlig unabhängig sein.

Die Abb. 526 bis 529 zeigen verschiedene Lösungen dieser Aufgabe. Die Bohrspindel ist in sämtlichen vier Abbildungen mit w bezeichnet. Sie erhält die rotierende Bewegung indirekt dadurch, daß das über w geschobene Rohr R durch Kegelräder, deren eines K auf R aufgekeilt ist, angetrieben wird. Das Rohr R ist durch Keil und Nut mit w so verbunden, daß beide nur gemeinsam rotieren können, hingegen w in R sich verschieben läßt. Die rotierende Bewegung der Bohrspindel w geht somit vom Rohre R aus.

Die von der Rotation völlig unabhängige Längsbewegung der Bohrspindel wird in sehr verschiedener Weise erzielt.

In Abb. 526 ist mit dem Ende der Bohrspindel durch die Schraube S eine Hülse h verbunden, welche den Kopf der Schraube S umgreift, einen eingedrehten Hals oder ein Drehpaar bildend. Die Schraube S ist von dem Arme a umfaßt, dessen Ende am Ständer Führung findet, hierdurch ist S an der Drehung verhindert. Das Rad r ist in fester Verbindung mit der Schraubenmutter m, wird r gedreht, so dreht sich m am Orte, zwingt

dadurch die Schraube S, welche verhindert ist sich zu drehen, zur Längsbewegung, welche wieder durch die Hülse h auf w übertragen wird. Je nach der Drehungsrichtung von r sinkt oder steigt w. m und r drehen sich am Orte.

Die Anordnung Abb. 527 zeigt die Bohrspindel abgesetzt, aus dem stärkeren Teile w und dem schwächeren w' bestehend. Über w' ist ein Rohr geschoben, auf welches ein Schraubengewinde S geschnitten ist.

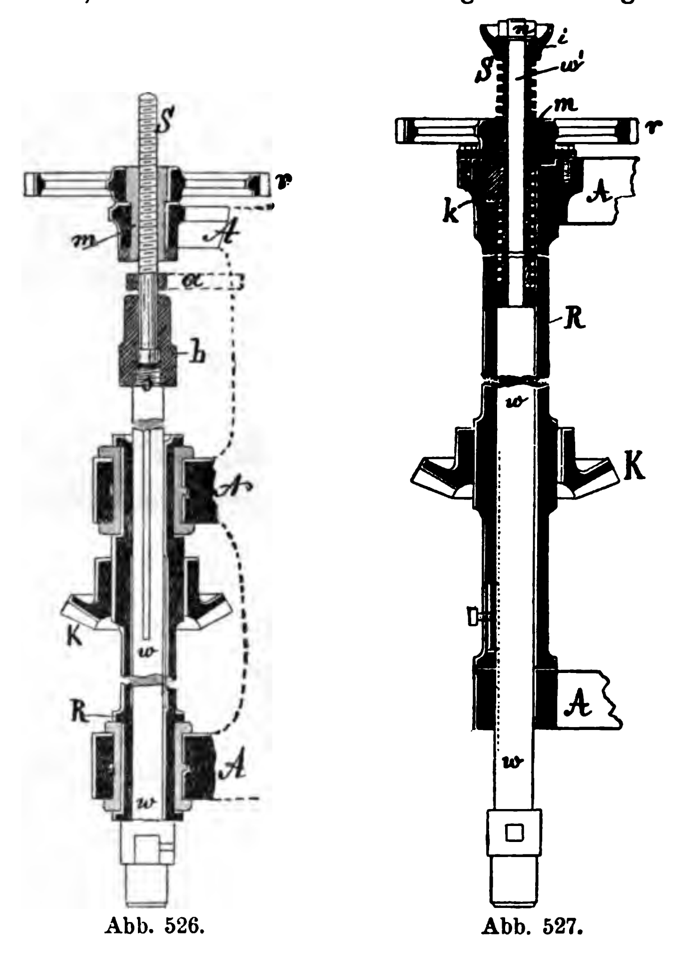


Abb. 526. Abb. 527.

Auch diese Schraube S ist an der Drehung gehindert durch eine Längsnut und den in A festgestellten Gleitkeil k. Ihre Mutter m findet S im Rade r und wird dieses gedreht, so wird S zur Längsbewegung gezwungen, welche auf w übertragen wird. Auch hier drehen sich m und r am Orte.

Bei den Konstruktionen Abb. 528 und 529 ist die Bohrwelle, statt mit einer Schraube, mit einer Zahnstange Z verbunden. Wie früher die Schraube S nur Längsbewegung machen konnte, so kann auch die Zahnstange Z nur in der Richtung ihrer Länge sich verschieben, weil ihr Rücken im Ständer entsprechende Führung besitzt.

Die Zahnstange Z muß aber auf Drehung mit der Bohrwelle w verbunden sein. Wie dieser Bedingung entsprochen ist, geht wohl sofort aus den Abbildungen hervor. Für die Montierung und Demontierung ist die Anordnung Abb. 528 jedenfalls die bequemere, und auch hierauf soll der Konstrukteur bedacht sein.

Es ist vielleicht noch zu bemerken, daß die Bohrwelle verhindert sein muß, aus dem Rohre R nach abwärts zu gleiten. Dieses Tragen der

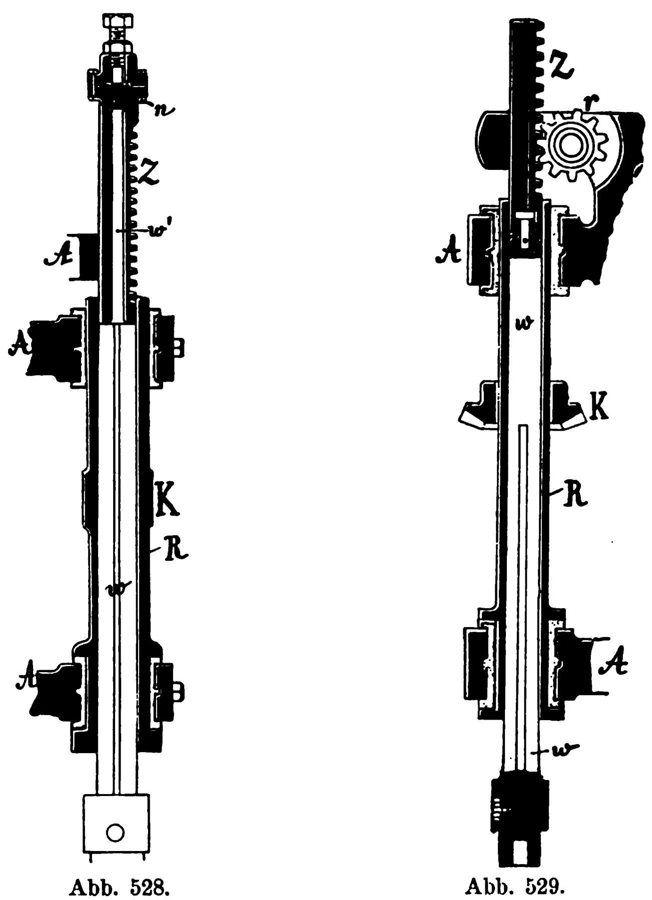


Abb. 528. Abb. 529.

Bohrwelle besorgt in Abb. 526 die Hülse h, in Abb. 527 und 528 die Mutter n und in Abb. 529 ein unter den Bolzenkopf gesetzter, mit dem Zahnstangenkörper verbundener Ring.

Sämtliche vier Anordnungen finden sich bei vertikalen Metallbohrmaschinen in Verwendung. Es finden sich außerdem mannigfache Varianten, so z. B. kann die Bohrwelle durch einen Ring umgriffen und durch Gegengewichte getragen sein, oder man gibt der Bohrwelle eine Belastung, z. B. durch Hebel und Gewicht, so daß die Bohrspandicke zum Teil von dieser Belastung abhängig wird. Der Antrieb der Bohrwelle, beziehungsweise des Rohres R kann auch durch Schnurtrieb erfolgen usw.

In den vorstehenden Beispielen von Geradführungen, Drehpaaren, Schraubenpaaren und ihren Verbindungen ist gleichsam das konstruktive *abc* der Werkzeugmaschinen gegeben. Der Hörer des Maschinenbaues soll sich nicht darauf beschränken, das hier Gegebene zu verstehen, sondern er soll einige der gegebenen Beispiele aus dem Gedächtnisse zeichnen können, so zwar, daß die Teile nicht nur herstellbar sind, sondern auch miteinander in die gewünschte Verbindung gebracht werden können.

Wir schreiten nach einem kurzen Hinweis auf einschlägige Werke zur Einzelbesprechung der wichtigsten in diesen Abschnitt fallenden Arbeitsverfahren.

J. Hart, Die Werkzeugmaschinen für den Maschinenbau zur Metall- und Holzbearbeitung. München, Friedrich Bassermann. 2. Aufl. 1879. Dieses Werk kann wegen seiner mustergültig durchgeführten Tafeln, welche bis in die Einzelheiten kotiert sind, als trefflicher Führer des angehenden Konstrukteurs bezeichnet werden.

Hermann Fischer, Die Werkzeugmaschinen. 2. Aufl. 1905. Jul. Springer, Berlin.

Gustave Richard, Traité des Machines-Outils. Paris 1896, Baudry & Cie. Dieses zweibändige große Werk enthält auch die Besprechung vieler neuer Spezialmaschinen. Mit 2832 Textabbildungen.

Dr. E. Hartig, Versuche über Leistung und Arbeits-Verbrauch der Werkzeugmaschinen. Leipzig 1873. B. G. Teubner.

Pechan, Leitfaden des Maschinenbaues. 3. Band. 2. Auflage. Werkzeugmaschinen und Transmissionen. Wien 1898. Deuticke.
Von demselben Verfasser sind auch zwei Berichte über Werkzeugmaschinen auf der Weltausstellung in Paris 1878 (Wien 1879) und Chicago 1893 (Wien 1894) erschienen.

Weiss Heinrich, Die Werkzeugmaschinen zur Metallbearbeitung. Wien 1897. Hartleben.

Usher, Moderne Arbeitsmethoden im Maschinenbau. Deutsch von Ingenieur Elfes. Berlin 1896. Springer.

Merlot Jules, Prinzipes de la construction des machines-outils. Paris et Liège 1907.

Andere Werke spezielleren Inhaltes werden später angegeben.

---

1. Drehen.

Die geometrischen Beziehungen des Werkzeugweges zur Gestalt des herzustellenden Arbeitsstückes haben wir bereits S. 393 besprochen; in der Folge haben wir uns mit den speziell beim Drehen verwendeten Werkzeugen, der Art der Verbindung des Arbeitsstückes mit der Drehbankspindel, den verschiedenen Formen der Drehbänke[1]) und ihren besonderen Einrichtungen für die Herstellung von Schrauben, ferner elliptischer und unrunder Arbeitsstücke zu beschäftigen.

Als Drehwerkzeuge, welche aus freier Hand (gestützt auf die sogenannte Auflage) zur Anwendung kommen, sind die in den Abb. 530 bis

[1]) Th. Pregel: Drehbänke, sowie Maschinen zum Drehen, Bohren und Gewindschneiden. Stuttgart 1898. Dieses Buch ist großenteils eine geordnete Wiedergabe der Berichte Pregel's in Dingler's polytechn. Journal aus den letzten zehn Jahren und behandelt überhaupt nur neuere Konstruktionen.

539 dargestellten hervorzuheben. Der Stichel, Abb. 530, der Schrop-, Schlicht- und Spitzstahl, Abb. 531, 532 und 533, dienen zum Abdrehen von Arbeitsstücken aus Metall an der Mantelfläche.

Die Hakenstähle, welche Schrop-, Schlicht- und Spitzhaken, Abb. 534 bis 536, sein können, sowie der Mondstahl, Abb. 537, werden zum Ausdrehen hohler Arbeitsstücke verwendet, für welchen Zweck auch der soge-

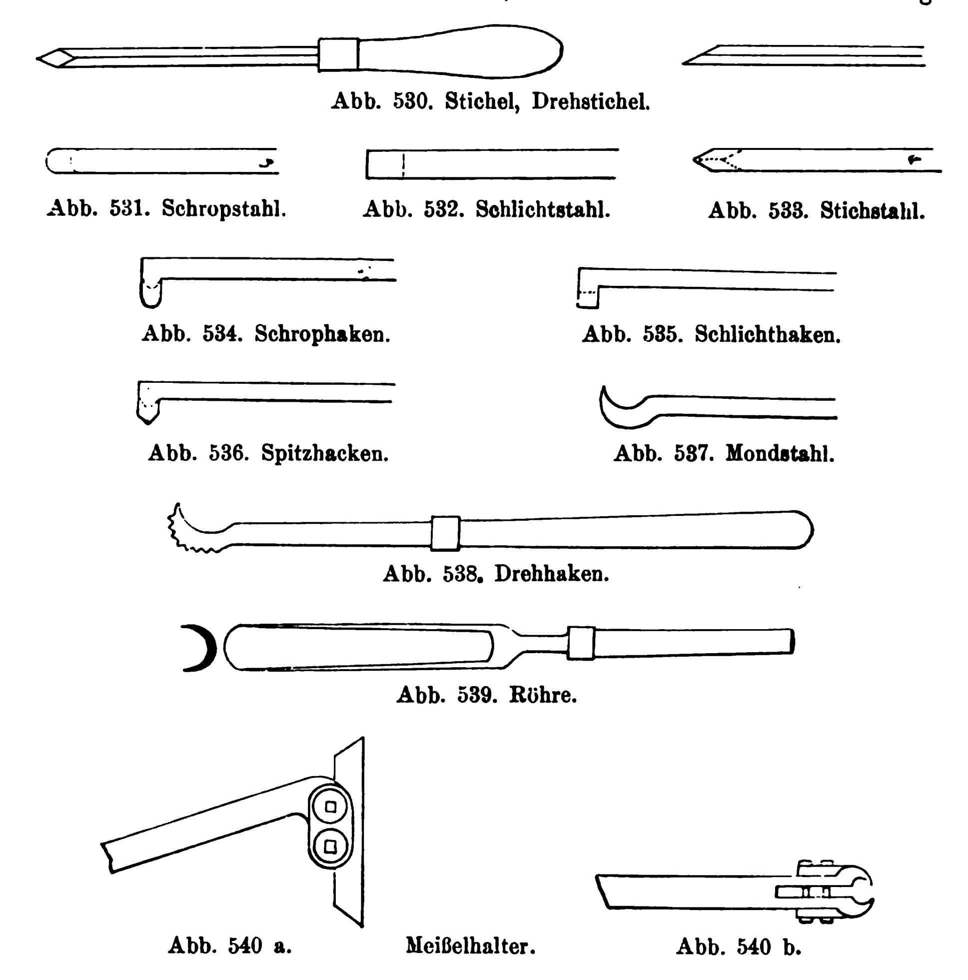


Abb. 530. Stichel, Drehstichel.

Abb. 531. Schropstahl. Abb. 532. Schlichtstahl. Abb. 533. Stichstahl.

Abb. 534. Schrophaken. Abb. 535. Schlichthaken.

Abb. 536. Spitzhacken. Abb. 537. Mondstahl.

Abb. 538. Drehhaken.

Abb. 539. Röhre.

Abb. 540 a. Meißelhalter. Abb. 540 b.

nannte Ausdrehstahl benutzt wird. Bei diesem sind zwei gegeneinander senkrecht liegende Schneiden angeschliffen, die eine senkrecht zur Längenrichtung des Werkzeuges, die andere parallel hierzu.

Abb. 538 stellt einen Drehhaken vor, dessen geriefte Unterfläche die feste Stützung an der Auflage erleichtert, während der lange Stiel zur Auflage auf die rechte Schulter des Arbeiters bestimmt ist.

Abb. 539 stellt die „Röhre“ vor, ein zum Schropen des Holzes bestimmtes Drehwerkzeug des Holzdrehers. Den zum Schlichten bestimmten Drehmeißel besprachen wir S. 390 mit Abb. 468 S. 389.

Abb. 540 ist ein Werkzeughalter, welcher in den Support eingespannt wird, daher nur bei maschinellem Drehen in Verwendung tritt.

Die Verbindung des Werkstückes mit der Drehbankspindel bezweckt die Übertragung der rotierenden Bewegung auf das Werkstück. Bei langen Arbeitsstücken erfolgt das Abdrehen zwischen der Spitze der Drehbankspindel und der Spitze des Reitstockes. Das Werkstück wird zu diesem Zwecke an beiden Endflächen mit konischen Grübchen versehen, in welche die konischen Spitzen von Spindel und Reitnagel eingedrückt werden.

Das Mitnehmen erfolgt durch Mitnehmer und Drehherz, ersterer ist mit der Spindel, letzteres mit dem Werkstück verbunden. Die konischen Grübchen werden zentrisch durch den Körner, Abb. 541, aus freier Hand in die Endflächen eingeschlagen oder man bedient sich hierzu des Ankörnfutters oder der Ankörnglocke, erstere ist eine Vorrichtung, welche aus einem mit der Spitze nach oben gerichteten Stahlkegel und aus drei oder vier gleichzeitig bewegten Backen besteht. Die Backen zentrieren das vertikal in das Futter gestellte, bereits zylindrische Werkstück; durch einen Schlag auf das Werkstück wird der Körner zur Wirkung gebracht. Die Ankörnglocke besteht aus einem stählernen Hohlkegel, in dessen Achse ein Körner verschiebbar eingesetzt ist. Bei größeren Arbeitsstücken wird das Körnergrübchen durch einen Versenker (s. u. bei Fräsen) erweitert und vertieft. Der Mitnehmer ist ein mit der Drehbankspindel geeignet verbundener, zu ihr parallel gerichteter Zapfen; oft hat der Mitnehmer die Form eines Hakens ┏ und ist der vertikale Schenkel in ein Loch der Spindel gesteckt. Das Drehherz oder Herz ist eine Klemme verschiedener Gestalt, eine der gebräuchlichsten Formen zeigt Abb. 542.

Abb. 541. Körner.

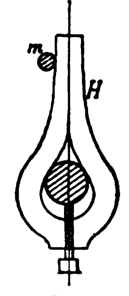


Abb. 542. *m* Mitnehmer, *H* Herz

Ist das Arbeitsstück sehr lang, so kann der Druck des Werkzeuges eine Durchbiegung bedingen, durch welche die Genauigkeit der Arbeit, z. B. bei dem Abdrehen langer Wellen, leiden würde. In solchen Fällen gibt man dem Arbeitsstück möglichst in der Nähe des Werkzeuges eine Stütze durch ein Hilfslager — Lünette — welches am besten mit dem Träger des Werkzeuges, dem Support, verbunden wird.

Kurze Arbeitsstücke oder solche von mehr scheibenförmiger Form werden durch Zuhilfenahme der sogenannten Futter, zu welchen auch die Planscheiben gehören, mit der Drehbankspindel verbunden. Einige der gebräuchlichsten Formen sind in den Abb. 543 bis 552 dargestellt.

Abb. 543 stellt ein Kittfutter dar. Das scheibenförmige Ende besitzt mehrere konzentrische Furchen, damit der Schmelzkitt besser hafte. Arbeitsstück und Kittfutter werden so weit erwärmt, daß eine dagegen gedrückte Siegellackstange zu schmelzen beginnt. Man streicht die Vorderfläche des Kittfutters mit Siegellack (Schmelzkitt) an, drückt das erwärmte

Arbeitsstück auf und läßt erkalten. Die so erzielte Verbindung hält kräftig genug, um mäßige Späne nehmen zu können.

Abb. 544 ist ein Zangenfutter für kleine Arbeitsstücke.

Abb. 545 ist ein Schraubenfutter. Die radialen Klemmschrauben werden derart gegen das in das Futter gesteckte Arbeitsstück geschraubt

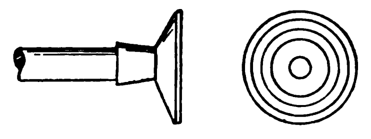


Abb. 543. Kittfutter.

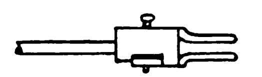


Abb. 544. Zangenfutter.

(angezogen), daß dasselbe zentrisch zur Achse des Futters, beziehungsweise der Drehbankspindel, auf welche das Futter aufgeschraubt wird, zu stehen kommt. Dieses Zentrieren verlangt Übung und Zeit.

Das Klemmfutter, Abb. 546, besitzt, wie der nach der punktierten Linie geführte Normalschnitt andeutet, zwei aufeinander senkrechte, ziemlich tiefe Schlitze. Hierdurch läßt sich das Futter mittelst eines aufgetriebenen Ringes zusammenziehen. Steckt man vorher in das vordere ausgedrehte Ende des Klemmfutters das Arbeitsstück, welches beiläufig einpassen muß, so kann dasselbe durch den Ring festgeklemmt werden.

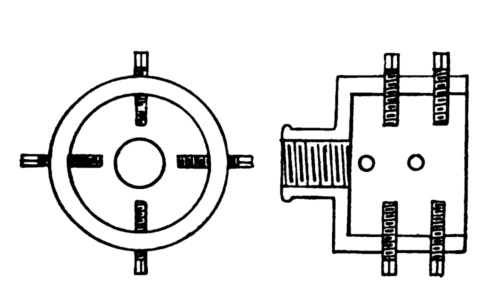


Abb. 545. Schraubenfutter.

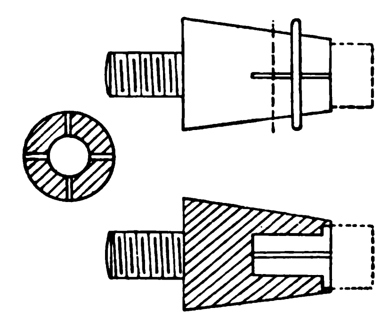


Abb. 546. Klemmfutter.

Die Klemmfutter sind insbesondere bei den Holzdrechslern in Verwendung und in vielen Größen vorrätig. Meist sind sie ganz aus Holz hergestellt, nur der Klemmring ist aus Eisen. Vom Holzdrechsler wird auch das in Abb. 547 dargestellte Schraubenfutter und der Dreispitz, Abb. 548, angewendet. Die konische Schraube des ersteren wird in ein Loch des Werkstückes eingeschraubt, der Dreispitz hingegen so verwendet, daß man das Arbeitsstück mit seiner ebenen Endfläche auf ihn auftreibt. Die Spitzen des Dreispitzes sind in der Regel etwas länger als dies die Abb. 548 zeigt, zuweilen fehlen sie aber auch ganz und ist statt des Dreispitzes ein kurzes keilförmiges Stahlstückchen mit scharfer Schneide im Futter befestigt.

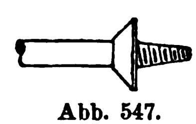


Abb. 547.

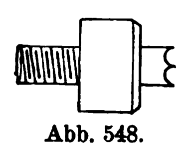


Abb. 548.

Die Abb. 549 bis 551 zeigen drei verschiedene Konstruktionen sogenannter Universalfutter, welche bei dem Fassen eines zylindrischen Arbeitsstückes dasselbe zugleich genau zentrieren.

Das Futter, Abb. 549, besitzt drei Klemmbacken, welche in radialen Schlitzen der vorderen Platte (in der Figur oben) genau geführt sind. Diese Backen besitzen gegen einwärts Zähne, welche in die spiralförmigen Nuten des drehbaren Ringes oder der Scheibe S eingreifen. Die Drehung der Scheibe S erfolgt durch das Kegelrad r, welches in den verzahnten Kranz von S eingreift, wenn r durch einen eingesteckten Schlüssel betätigt wird. Die spiralige Nut ist nach dem Gesetze der Spirale des Archimedes (der Radiusvektor wächst proportional mit dem Polarwinkel) sehr genau in S eingeschnitten und die Zähne der Backen passen ebenso genau in diese Nut. Das Futter ist konisch ausgedreht und wird auf einen mit der Drehbankspindel verbundenen Zapfen gleicher Konizität aufgedrückt; durch Reibung sitzt es auf der Spindel fest.

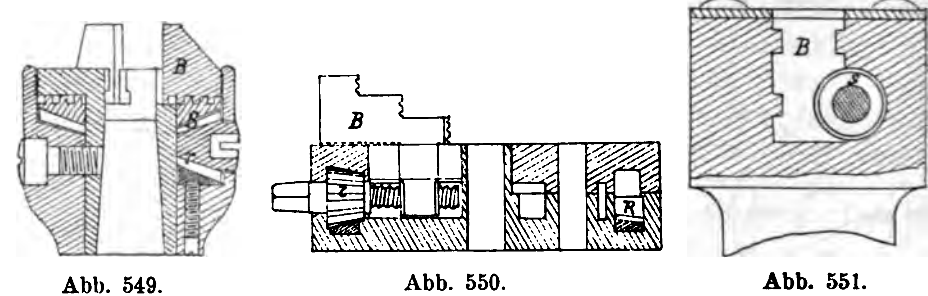


Abb. 549. Abb. 550. Abb. 551.
Drei Konstruktionen amerikanischer Futter.

Das Futter, Abb. 550, besitzt ebenfalls drei radial geführte Backen. Jeder dieser Backen trägt nach unten (beziehungsweise rückwärts) einen Ansatz mit einem Muttergewinde, in welches eine Schraube eingreift. Wird an einen der Schraubenköpfe ein Schlüssel gesteckt und betätigt, so wird nicht nur diese Schraube gedreht, sondern mit Hilfe des kleinen an der Schraube sitzenden Kegelrades r auch der verzahnte Ring R, welcher in die kleinen Kegelräder der beiden Schrauben der anderen Backen eingreift, auch diese dreht, und zwar so, daß alle drei Backen gleichmäßig der Achse des Futters sich nähern oder von ihr sich entfernen. Die Backen B sind abgestuft, um verschieden große Arbeitsstücke bei verhältnismäßig geringer Verschiebung der Backen fassen zu können.

Das Futter, Abb. 551, besitzt nur zwei Backen. Die Schraubenspindel S besitzt ein rechtes und ein linkes Gewinde gleicher Ganghöhe, die beiden Backen die zugehörigen, nur segmentförmig ausgebildeten Muttern. Dreht man S, so greift das rechte Gewinde in den einen, das linke in den zweiten Backen ein, dieselben bewegen sich daher entgegengesetzt, d. h. sie nähern sich einander, oder sie entfernen sich voneinander. Die Backenklemmflächen sind im rechten Winkel ausgestaltet (< >) und zudem so ein-

geschnitten, daß ihre Zinken wie die Finger der Hände ineinander greifen können und daher auch das Fassen sehr kleiner Stücke (Bohrer) ermöglichen. Derlei Futter werden auch Bohrfutter genannt.

Für große scheibenförmige Arbeitsstücke, z. B. Riemenscheiben, Schwungräder u. dgl. setzt man auf die Drehbankspindel sogenannte Planscheiben auf, welche als Futter funktionieren. In Abb. 560 ist ein Spindelstock gezeichnet, welcher eine kleine Planscheibe trägt, deren Einrichtung aus dieser Abbildung genügend ersichtlich ist.

Die großen Planscheiben sind gewöhnlich nur mit zahlreichen radialen und konzentrischen Schlitzen versehen, durch welche man Befestigungsschrauben stecken kann, mit deren Hilfe und in Verbindung mit mannigfach geformten klammerartigen Stücken die Befestigung des Arbeitsstückes an der Planscheibe erfolgt.

Bei den Drehbänken sind es besonders zwei Abmessungen, welche in wichtigster Beziehung zu den Abmessungen des Werkstückes stehen, die

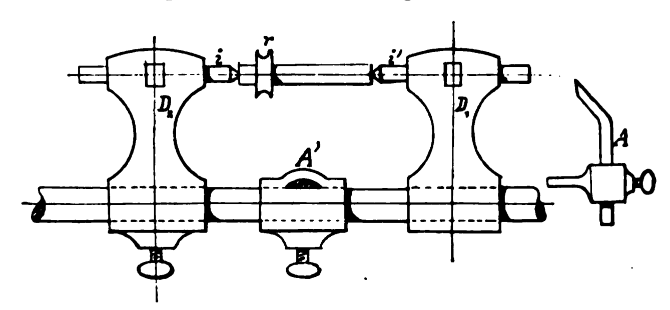


Abb. 552. Stiftendrehstuhl, A Auflage in A' einzuschieben.

Spitzenhöhe, d. i. der Abstand der Drehbankspindel von dem Prisma oder den Wangen, welche dem größten Halbmesser des Werkstückes entspricht, und die Spitzenweite, d. i. die größte Entfernung, in welche die Reitstockspitze von der Spindelstockspitze gebracht werden kann, entsprechend der maximalen Länge des Arbeitsstückes.

Die meisten Drehbänke besitzen als Hauptteile, vom Antriebe der Spindel abgesehen, den Spindelstock, die Auflage oder den Support und den Reitstock. Bei Drehbänken, welche ausschließlich zur Bearbeitung kurzer oder scheibenförmiger Arbeitsstücke Anwendung finden (Revolverdrehbänke, Plandrehbänke), fehlt der Reitstock.

Zu den kleinsten Dreharbeiten werden die Drehstühle verwendet. Abb. 552 zeigt den sogenannten Stiften-Drehstuhl. In die beiden Docken D_1 D_2 sind Stifte i i' geschoben, welche auf der einen Seite in eine konische Spitze, auf der andern in konische Grübchen enden. Sind jene Seiten der Stifte, welche die Grübchen aufweisen, gegeneinander gekehrt, so kann ein sogenannter Drehstift, Abb. 553, eingespannt werden, über dessen Röllchen die Sehne eines Bohrbogens geschlungen wird, der bei Betätigung die intermittierende Drehbewegung hervorbringt. Auf den

schwach konischen Drehstift wird ein scheibchenförmiges, mit zentrischem Loche versehenes Arbeitsstück *A* aufgepreßt und abgedreht. Während die eine Hand des Arbeiters den Bohrbogen betätigt, stützt die zweite Hand das Werkzeug gegen die Auflage und bringt es zur Wirkung. Häufig wird der Drehstuhl so benutzt, daß die rechte Hand den Fiedelbogen, die linke das Werkzeug regiert.

Ist das Arbeitsstück ein Draht, so körnt man seine Enden zentrisch an und zwängt ein gebohrtes Röllchen, Drehrolle, auf, welches dann

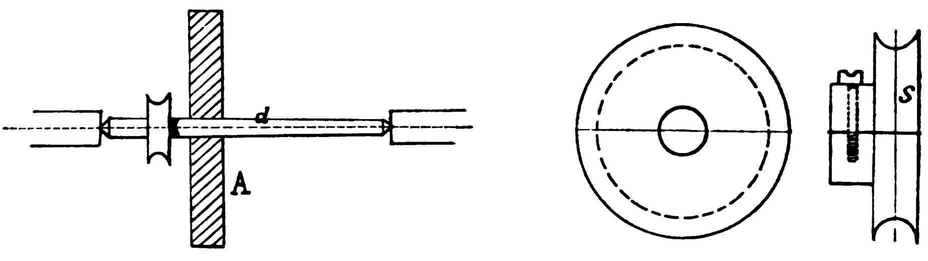


Abb. 553. Drehstift. Abb. 554. Schraubrolle.

vom Bohrbogen betätigt wird. Statt der einfachen Drehrolle, Abb. 552 *r*, bedient man sich auch zweiteiliger, durch kleine Schräubchen verbundener Rollen — Schraubrollen. Abb. 554. Statt der gewöhnlichen Drehstifte werden auch sogenannte linke Drehstifte, Abb. 555, zum Abdrehen scheibchenförmiger, gebohrter Stücke verwendet, in deren Bohrung der kleine Kegel des linken Drehstiftes eingepreßt wird, welcher zugleich fest-

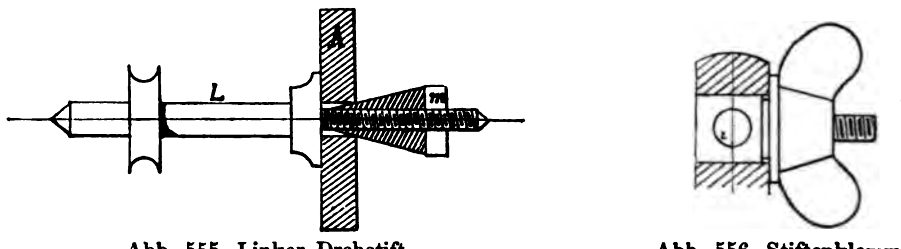


Abb. 555. Linker Drehstift. Abb. 556. Stiftenklemme.

klemmend und zentrierend wirkt. Die Schraube muß dann ein linkes Gewinde besitzen, wenn das Röllchen zur rechten Seite gestellt ist.

Die sinnreiche Vorrichtung zum Festklemmen der Stifte *i* des Drehstuhles in jeder ihnen gegebenen Stellung ist durch Abb. 556 im Schnitte dargestellt; diese Klemme findet auch zur Befestigung der Stoßbohrer bei Steinbohrmaschinen (Perkussionsmaschinen) Anwendung. Wie Abb. 556 zeigt, ist in einer prismatischen Durchbrechung der Docke (vgl. Abb. 552) ein passendes Stück eingesetzt, welches ebenso wie die Docke eine zum Stifte gut passende Bohrung besitzt. Dieses Einsatzklötzchen besitzt, daran fest, eine Schraube, welche, von der Flügelmutter angezogen, das Klötzchen senkrecht zur Längenrichtung des Stiftes zu bewegen sucht und hierdurch den Stift feststellt.

Außer den Stiftendrehstühlen verwandte man in der Uhrmacherei **D o c k e n d r e h s t ü h l e**. Bei denselben wird eine kurze Spindel einerseits im Körner des Stiftes, anderseits in einem konischen, in der Spitzenhöhe liegenden Loche einer Docke (Mitteldocke) gelagert. In die Spindel werden zur Bearbeitung kurzer Stücke nach Bedarf Futter eingeschoben, wie wir solche in Abb. 543, 544 und 547 kennen lernten und erfolgt der Antrieb auf eine an der Spindel angebrachten Rolle vom Fiedelbogen aus.

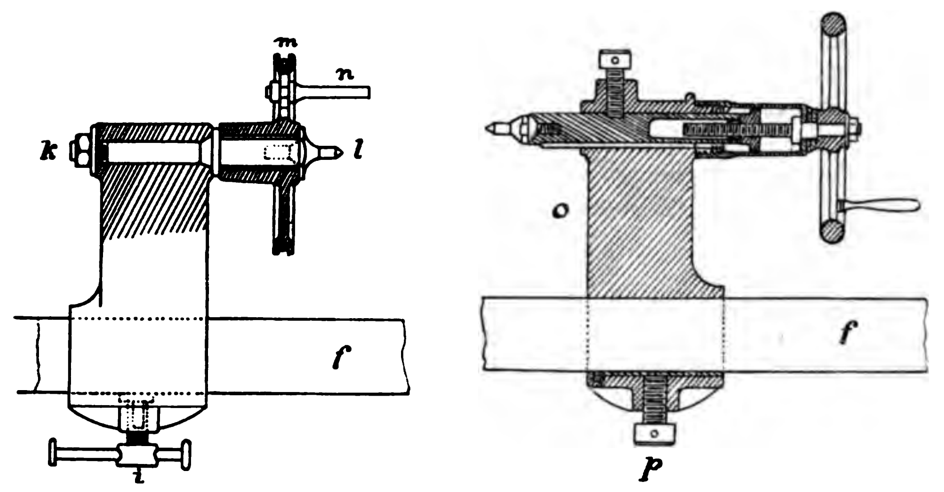


Abb. 557. Prismadrehbank.

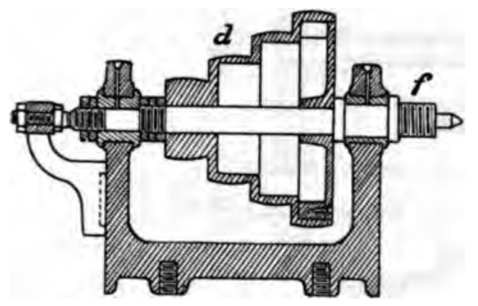




Abb. 558. Spindelstock.

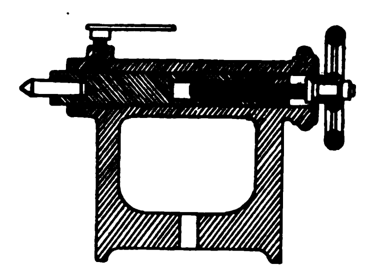


Abb. 559. Reitstock.

Die Ähnlichkeit des Drehstuhles mit der **P r i s m a d r e h b a n k** erhellt aus Abb. 557, welche den Spindelstock und Reitstock darstellt; doch erfolgt hier der Antrieb stetig von einem Tritte aus. Auf dem festgestellten Bolzen *kl* ist die Schnurscheibe *m* mit Mitnehmer *n* frei drehbar. Die Spindel ist mithin festgestellt, der Körner *l* desgleichen, und da von dem Körner des Reitstockes dasselbe gilt, so wird das Werkstück durch Mitnehmer und Herz zwischen ruhenden Spitzen, sogenannten **t o t e n S p i t z e n**, in Umdrehung gesetzt; die Dreharbeit ist somit von Ungenauigkeiten in der Lagerung der Drehbankspindel **u n a b h ä n g i g**. *f* ist das Prisma, auf welches Spindelstock, Support und Reitstock aufgesetzt sind.

Die Abb. 558 und 559 zeigen den Vertikalschnitt durch den Spindelstock und Reitstock einer **Wangendrehbank**, bei welcher der Antrieb von einem Deckenvorgelege mit vierstufiger Riemenscheibe erfolgt, deren Abstufungen entgegengesetzt zu jenen der Stufenscheibe *d* des Spindelstockes angeordnet sind, weil **ein** Riemen mit annähernd gleicher Spannung die Bewegungsübertragung von jeder Stufe des Deckenvorgeleges auf die zu-

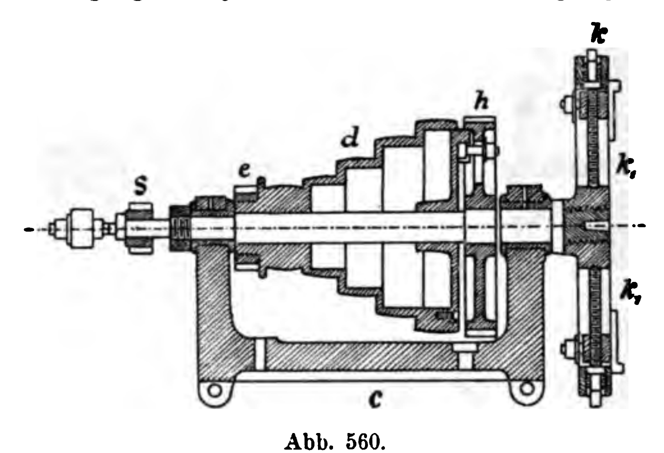


Abb. 560.

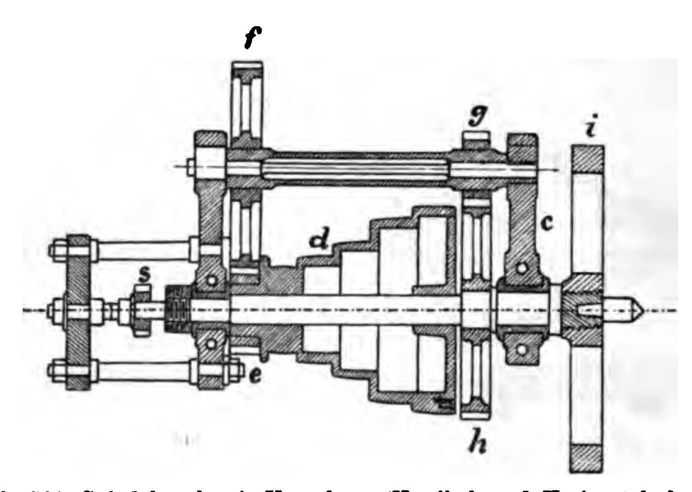


Abb. 561. Spindelstock mit Vorgelege. (Vertikal- und Horizontalschnitt.)

gehörige Stufe an der Drehbankspindel muß vermitteln können. Die Spindel *f* kann somit je nach Bedarf **vier** verschiedene Geschwindigkeiten erhalten.

Der Spindelstock einer größeren Wangendrehbank ist in Abb. 560, 561 im Vertikal- und Horizontalschnitte dargestellt und unterscheidet sich insbesondere dadurch wesentlich von dem früheren, daß die Drehbankspindel mit zehn verschiedenen Geschwindigkeiten angetrieben werden kann. Zu diesem Zwecke hat der Stufenkonus fünf Stufen und kann entweder direkt mit der Drehbankspindel in Verbindung gesetzt werden, oder indirekt durch

Vermittlung des Rädervorgeleges *fg*, welches eine Übersetzung ins Langsame bewirkt.

Soll der Stufenkonus *d*, welcher frei drehbar, lose, auf der Drehspindel sitzt, direkt mit derselben verbunden werden, so wird das Rad *h* durch einen Mitnehmbolzen, welcher im Vertikalschnitte gezeichnet ist, gekuppelt. Um dies bequem und rasch tun zu können, läßt sich dieser Bolzen in einem radialen Schlitze des Rades *h* verschieben und in jedem Punkte feststellen. In der Stufenscheibe ist eine Gabel (∏) eingegossen. Wird der Bolzen in diese Gabel eingerückt und sodann in *h* festgestellt, so ist *d* mit *h* gekuppelt und die Bewegung geht von *d* auf *h* und da dieses Rad auf der Spindel festgekeilt ist, auch auf diese über. Natürlich ist hierbei das Räderpaar *fg* außer Eingriff mit *e* und *h*.

Die Aus- oder Einrückung des Rädervorgeleges erfolgt bei der in Abb. 561 gezeichneten Anordnung durch Drehung der exzentrischen Vorgelegswelle *fg*. Häufig findet sich auch eine Anordnung, bei welcher die Welle *fg* samt den Rädern *fg* in der Längenrichtung verschoben werden kann. Ist das Rädervorgelege eingerückt, so muß die Verbindung von *d* und *h* durch den Mitnehmer ausgelöst sein. Die Bewegung der Drehbankspindel erfolgt dann vom Stufenkonus *d* durch das Rad *e*, welches mit ihm fest verbunden ist, auf Rad *f* und von *g* auf *h* und die Spindel. Es ist also eine doppelte Übersetzung ins Langsame vorhanden und kann die Drehbankspindel je nachdem eine der fünf Stufen in Verwendung steht, durch Vermittlung des Vorgeleges fünf verschiedene geringe Geschwindigkeiten erhalten.

Hier sei auch der Spindelstock erwähnt, welchen Alfred Herbert in Coventry (England) bei seinen großen Revolverbänken (Hexagon Turret Lathe) anwendet und welcher einen Geschwindigkeitswechsel vom Stande des Arbeiters beim Support durch Betätigung zweier, Kuppelungen vermittelnder Hebel gestattet. Denkt man sich den Spindelstock Abb. 561 so abgeändert, daß das Rad *h* vom Stufenkonus soweit absteht, daß zwischen beide ein mit der Spindel durch Längskeil verbundener Kuppelungsmuff angebracht werden kann, denkt man sich ferner das Rad *h* lose auf der Spindel sitzend, mit dem Stufenkonus aber statt Rad *e* zwei Zahnräder verschiedenen Durchmessers verbunden, denkt man sich ferner an der Vorgelegswelle dem Gesagten entsprechend drei Räder geeigneter Größe und Stellung angebracht, so erlangt man eine Anordnung, wie sie die Skizze Abb. 562 andeutet. Verschiebt man durch Hebelbetätigung die Muffe *m* nach links, so verbindet man den Stufenkonus *K* mit der Spindel und erlangt jene Spindeltourenzahl, welche der Drehungszahl von *K* entspricht. Dieselbe kann verschieden sein, je nach der Stufe, auf welcher der treibende Riemen läuft. Nun ist zu bemerken, daß die Räder 1′ und 2′ lose auf der Vorgelegswelle *V* sitzen, aber mit ihr gekuppelt werden können; das Rad 3′ ist aufgekeilt. Da nun 1 und 2 mit *K* sich drehen, so laufen zunächst 1′ und 2′ leer mit, werde nun eines dieser Räder mit der Vorgelegswelle gekuppelt, z. B. 2′, so geht die Bewegung von *K* durch 2 auf 2′, *V*, 3′ auf

3 und wenn m nach rechts verschoben wird, so ist 3 mit m gekuppelt, daher erlangt nun die Drehbankspindel S dieselbe Drehungszahl, welche Rad 3 empfängt. Man kann aber auch von 1 auf 1' treiben, und ist 1' mit V gekuppelt, so geht die Bewegung von K, 1, 1' V, 3' auf 3 und durch Rechtsverschiebung der Muffe auf die Spindel.

In Abb. 562 sind die beiden Hebel H, H' der besseren Deutlichkeit des Bildes wegen nicht in ihrer wirklichen normalen Stellung, welche vertikal ist, gezeichnet. Die Achse des Hebels H trägt ein kleines Zahnrad, das auf die Verzahnung eines Gleitstückes wirkt, welches durch einen Sattel in eine Ringnut der Muffe m eingreift und diese verschiebt. Durch die Hohlachse von H geht die Achse von H'; auch diese trägt ein kleines Zahnrad, welches das Gleitstück G, durch welches V hindurchgeht, verschiebt.

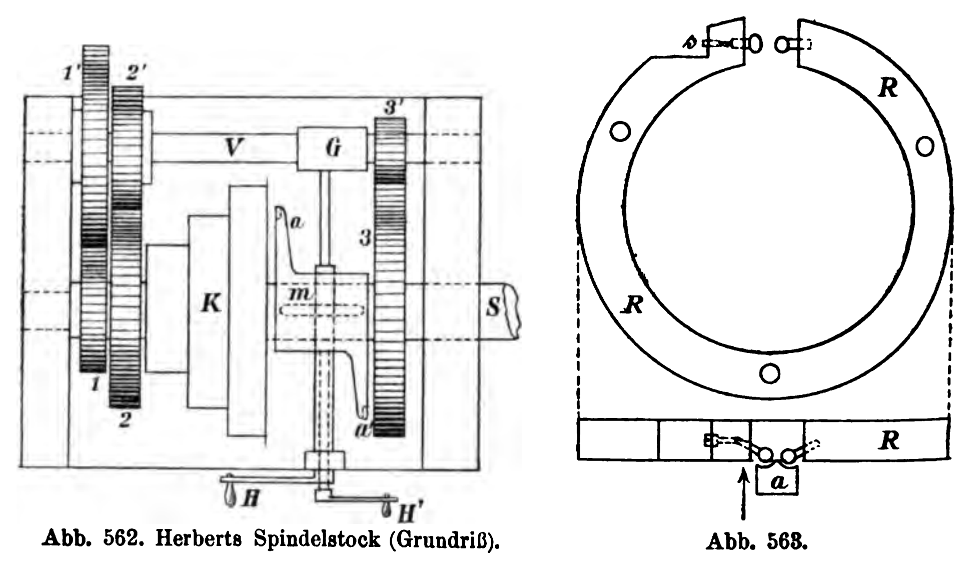


Abb. 562. Herberts Spindelstock (Grundriß). Abb. 563.

Die Verschiebung von m durch H bewirkt die Kuppelung von K oder von 3 mit m und S, jene von G durch H' die Kuppelung von 1' oder 2' mit der Vorgelegswelle V. Beide Arten der Kuppelung verdienen nähere Beschreibung.

In die Ausdrehung der Stufenscheibe K ist ein lose passender, aufgeschnittener Ring R, Abb. 563, eingesetzt, welcher an K locker durch Bolzen gehalten ist. In den Ring sind kleine Kölbchen mit kugelförmigen Enden so eingesetzt, wie dies die beiden Ansichten des Ringes R zeigen. Wird m nach links verschoben, so zwängt der Arm a die Kölbchen auseinander und Ring R zwängt sich an die Hohlfläche von K, die Kuppelung zwischen K, R, a, m und der Spindel S ist hergestellt. In gleicher Weise wird bei Verschiebung der Muffe m nach rechts das Rad 3 und S gekuppelt. Die Erweiterung des Ringes braucht zur Erzielung der Kuppelung nur sehr wenig zu betragen, um diese zu regulieren, kann man durch ein Stellschräubchen s Abb. 563 eines der Kölbchen verstellen.

Noch sinnreicher ist die Kuppelung von 1′ oder 2′ mit V. — Wir wissen, daß die Betätigung des Hebels H' das Gleitstück G verschiebt. In G ist lose drehbar der Ring r mit Stift i eingesetzt, Abb. 564 I, dieser Stift geht durch einen kurzen Schlitz s' der hohlen Vorgelegswelle V und durch ein Loch des in V eingeschobenen Zylinders c (Abb. 564 II, III), bei deren Montage Stift i erst eingeschoben wird, wenn r, V, s' und c in die richtige Lage gebracht sind, worauf r seine Stellung im Gleitstück G erhält. Wird nun G durch Hebel H' nach links geschoben, so verschiebt Stift i den Zylinder c, dessen Röllchen r zunächst den Keil l_2, bei weiterem Vorschub l_1 hebt. Das Röllchen bewegt sich hierbei in einer Längsnut von V. Den Hub von l_2 oder l_1 bewirkt die Kuppelung des Rades 2′ oder 1′ dadurch, daß der Keil wie Abb. 565 zeigt, den Kuppelungsring zur Wirkung bringt.

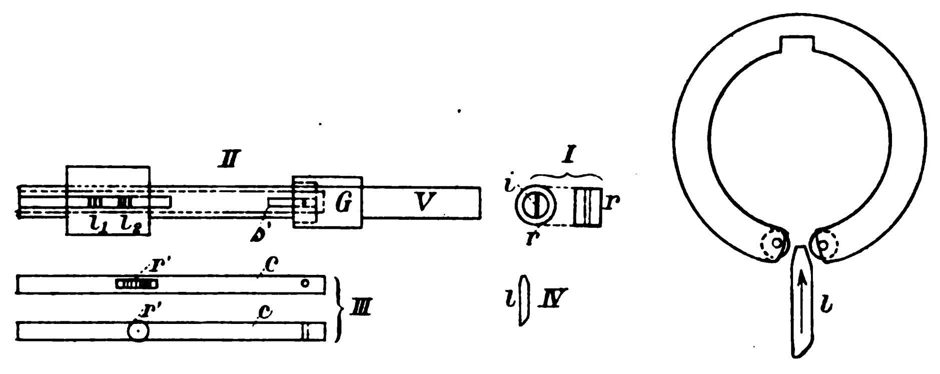


Abb. 564. Einzelteile zu Herberts Spindelstock. Abb. 565.

Der Kuppelungsring weicht von dem früher beschriebenen dadurch ab, daß statt der Kölbchen zwei kleine Rollen angebracht sind. Zum Nachspannen ist das eine Röllchen exzentrisch gelagert und kann dasselbe mehr oder weniger weit über den Bremsring vorstehen. —

Es entsteht nun die Frage, welchen Zweck will man mit den verschiedenen Geschwindigkeiten erreichen, wie sollen dieselben abgestuft sein?

Man strebt zunächst eine annähernd gleiche Schnittgeschwindigkeit an, dieselbe soll für schmiedbares Eisen, Werkzeug aus Kohlenstoffstahl, zwischen 80 und 125 *mm* pro Sekunde liegen, bei Anwendung von Schnelldrehstählen zwischen 300 und 500 *mm* (vgl. S. 114). Diese Geschwindigkeit v ist beeinflußt von der minutlichen Tourenzahl n_s der Drehbankspindel und dem variablen Abstande r des Werkzeuges von der Rotationsachse. $v = 2\pi r \frac{n_s}{60} = \frac{\pi}{30} r n_s$. Messen wir v in Millimeter, so muß auch r in Millimetern ausgedrückt sein. Soll nun v zwischen engen Grenzen gehalten, also näherungsweise konstant sein, so folgt, daß das Produkt aus Abstand des Werkzeuges mal Spindeltourenzahl annähernd konstant sein soll. $r n_s \doteq$ Konst. Je größer der Abstand des Werkzeuges von der Rotationsachse ist, desto geringer muß daher die Umdrehungszahl der Spindel sein.

Wird das Deckenvorgelege konstant mit a Touren angetrieben und sind die Durchmesser der Stufenscheibe desselben $D_1 > D_2 > D_3 > D_4 > D_5$, so ist die Stufenscheibe an der Spindel entgegengesetzt angeordnet (des Riemens wegen, s. oben), ihre Durchmesser sind D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, und je nach dem Auflegen des Riemens erhält man fünf Werte für n_s, nämlich $a\frac{D_1}{D_5}$, $a\frac{D_2}{D_4}$, $a\frac{D_3}{D_3}$, $a\frac{D_4}{D_2}$, $a\frac{D_5}{D_1}$. Schaltet man hingegen das Rädervorgelege ein und ist die durch dasselbe bedingte Übersetzung ins Langsame durch $\frac{1}{b}$ ausgedrückt, so erhält man weitere fünf Werte für n_s', welche aus den obigen sofort folgen, wenn für a der Koeffizient $\frac{a}{b}$ eingesetzt wird. Die größte erreichbare Tourenzahl wird $a\frac{D_1}{D_5}$ sein, die kleinste $\frac{a}{b}\frac{D_5}{D_1}$.

Für eine bestimmte Tourenzahl n ist $v = \frac{2\pi n}{60} r$ und ist diese Gleichung, in welcher v und r variabel, $\frac{2\pi n}{60}$ konstant sind, die Gleichung einer durch den Ursprung eines Koordinatensystems gehenden Geraden. Diese gerade Linie stellt somit das Ge-

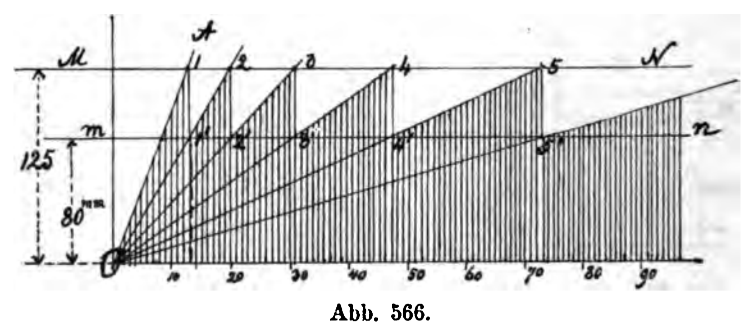


Abb. 566.

schwindigkeitsdiagramm[1]) für die bestimmte Tourenzahl n vor, die Abszissen sind die variablen Abstände des Werkzeuges von der Drehungsachse (r), die Ordinaten die zugehörigen Geschwindigkeiten (v). Der Neigungswinkel dieser Geraden zur Abszissenachse ist bestimmt durch $tg\,\varphi = \frac{2\pi n}{60}$.

Für verschiedene Umdrehungszahlen (n), also verschiedene Werte von $\frac{2\pi n}{60}$, wird man verschiedene Strahlen erhalten, wie solche in Abb. 566 gezogen sind.

Wünscht man, daß sich die Schnittgeschwindigkeit tunlichst zwischen bestimmten Werten, z. B. 80 und 125 *mm* bewege, so kann man zwei zur Abszissenachse parallele Gerade MN und mn ziehen, welche diesen Geschwindigkeiten entsprechen und die Wahl der Tourenzahl, beziehungsweise die Lage der Geschwindigkeitsdiagramme in folgender Weise bestimmen.

Die größte erreichbare Tourenzahl n_1 sei durch die Gerade OA für $tg\,\varphi = \frac{2\pi n_1}{60}$ ausgedrückt, welche MN im Punkte 1 schneidet. Zieht man durch Punkt 1 eine Senkrechte, so schneidet sie die Gerade mn in dem Punkte 1'. Der Strahl $O1'$ entspreche jener Geschwindigkeitsreihe, welche durch die nächste erreichbare Tourenzahl n_2 aus-

[1]) Diese Betrachtungen hat Prof. Jos. Pechan zuerst in der Zeitschrift des Österr. Ingen.- und Archit.-Vereines 1877, später in seinem „Leitfaden des Maschinenbaues“, III. Band (Wien, F. Deuticke), im Abschnitte „Geschwindigkeitsdiagramme der Werkzeugmaschinen“ veröffentlicht.

gedrückt wird, d. i. jenen Schnittgeschwindigkeiten, welche bei Auflage des Riemens auf der zweiten Stufe erhältlich sind. Dieser Strahl schneide MN im Punkte 2, von diesem ausgehend bestimmt sich 2' und somit auch der Strahl $O\,2'3$ wie früher beschrieben und ebenso des weiteren die Strahlen $O\,3'4$, $O\,4'5$, $O\,5'6$ usf., durch welche Strahlen die folgenden Umdrehungszahlen n_3, n_4, n_5 usw. bestimmt sind, weil der Wert von $tg.\varphi = \frac{2\pi n}{60}$ $\left(\text{also auch } n = \frac{60}{2\pi}\, tg\,\varphi\right)$ durch die Konstruktion gegeben ist.

Unsere Abbildung zeigt, daß man vom Radius $r = 10$ bis $r = 110$ bei entsprechender Auflage des Riemens mit einer zwischen 80 und 125 *mm* liegenden Schnittgeschwindigkeit drehen kann.

Daß die Abbildung 566 weiter nach rechts hätte fortgesetzt werden können, bedarf wohl keiner Begründung.

Pechan's einfache Konstruktion gibt hiermit die Reihe jener Umdrehungszahlen, welche durch entsprechende Abstufung der Stufenscheiben an der Spindel und dem Vorgelege erreicht werden soll.

Man kann nun diesen graphischen Weg auch dazu benutzen, einen vorhandenen Stufenscheibentrieb auf seine Zweckmäßigkeit zu prüfen, indem man aus den Werten von n die Strahlen bestimmt, und nachsieht, wie weit die sich ergebenden Geschwindigkeiten innerhalb der Parallelen MN und mn liegen oder diese Grenzen überschreiten.

Auch durch die günstigste Anordnung der Abstufungen der Stufenscheiben ist es nie möglich, eine konstante Schnittgeschwindigkeit beim Plandrehen zu erzielen, aber es gelingt dies durch Anwendung eines Deckenvorgeleges mit zwei Friktionskegeln und einem zwischen denselben laufenden dicken Kautschukbande, welches die Bewegungsübertragung vermittelt.

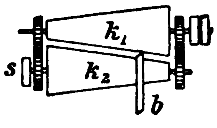


Abb. 567.

Die beiden an horizontalen Achsen angebrachten konischen Trommeln k_1 k_2, Abb. 567, befinden sich an der Decke über der Drehbank.

Der Kegel k_1 erhält von der Haupttransmission seine Bewegung. Das über k_2 laufende dicke Kautschukband (Riemen) ist von einer Riemengabel an der Auflaufseite umgriffen und je nach der Stellung dieser Gabel, beziehungsweise der Lage des Kautschukbandes richtet sich das Umsetzungsverhältnis, denn das Band besorgt die Bewegungsübertragung, weil es zwischen beiden Kegeln in gepreßtem Zustande sich befindet und daher die Umfangsgeschwindigkeit des treibenden Kegels auf den getriebenen überträgt. Je nach der Lage, dem Orte, des Bandes richtet sich das Umsetzungsverhältnis. Von Riemenscheibe s erfolgt der Antrieb der Drehbankspindel.

Eine stetige Verschiebung des Bandes von rechts nach links wird eine stetige Abnahme der Tourenzahl der Drehbankspindel bedingen und eine stetige Verschiebung von links nach rechts, eine stetige Geschwindigkeitszunahme.

Zum Zwecke der Verschiebung des Bandes kann seine Führung mit einer horizontalen Bewegungsschraube in Verbindung stehen, welche entweder von Hand aus oder durch Selbststeuerung angetrieben wird; es läßt sich jedoch auch die Bandführung (Riemengabel) durch ein Hebelsystem betätigen, welches seine Bewegung vom Quersupport empfängt, so daß die

Wird das Deckenvorgelege konstant mit a Touren angetrieben und sind die Durchmesser der Stufenscheibe desselben $D_1 > D_2 > D_3 > D_4 > D_5$, so ist die Stufenscheibe an der Spindel entgegengesetzt angeordnet (des Riemens wegen, s. oben), ihre Durchmesser sind D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, und je nach dem Auflegen des Riemens erhält man fünf Werte für n_s, nämlich $a\frac{D_1}{D_5}, a\frac{D_2}{D_4}, a\frac{D_3}{D_3}, a\frac{D_4}{D_2}, a\frac{D_5}{D_1}$. Schaltet man hingegen das Rädervorgelege ein und ist die durch dasselbe bedingte Übersetzung ins Langsame durch $\frac{1}{b}$ ausgedrückt, so erhält man weitere fünf Werte für n'_s, welche aus den obigen sofort folgen, wenn für a der Koeffizient $\frac{a}{b}$ eingesetzt wird. Die größte erreichbare Tourenzahl wird $a\frac{D_1}{D_5}$ sein, die kleinste $\frac{a}{b}\frac{D_5}{D_1}$.

Für eine bestimmte Tourenzahl n ist $v = \frac{2\pi n}{60} r$ und ist diese Gleichung, in welcher v und r variabel, $\frac{2\pi n}{60}$ konstant sind, die Gleichung einer durch den Ursprung eines Koordinatensystems gehenden Geraden. Diese gerade Linie stellt somit das Ge-

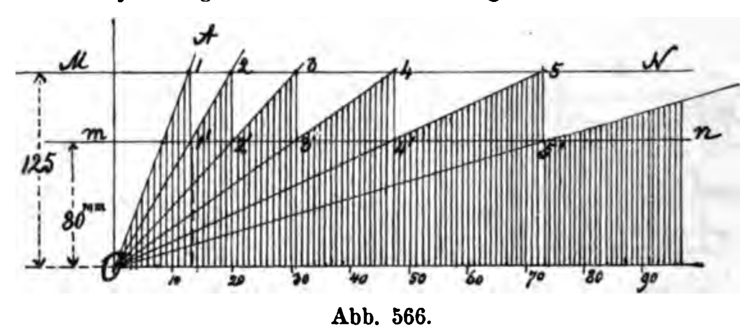


Abb. 566.

schwindigkeitsdiagramm[1]) für die bestimmte Tourenzahl n vor, die Abszissen sind die variablen Abstände des Werkzeuges von der Drehungsachse (r), die Ordinaten die zugehörigen Geschwindigkeiten (v). Der Neigungswinkel dieser Geraden zur Abszissenachse ist bestimmt durch $tg\,\varphi = \frac{2\pi n}{60}$.

Für verschiedene Umdrehungszahlen (n), also verschiedene Werte von $\frac{2\pi n}{60}$, wird man verschiedene Strahlen erhalten, wie solche in Abb. 566 gezogen sind.

Wünscht man, daß sich die Schnittgeschwindigkeit tunlichst zwischen bestimmten Werten, z. B. 80 und 125 *mm* bewege, so kann man zwei zur Abszissenachse parallele Gerade MN und mn ziehen, welche diesen Geschwindigkeiten entsprechen und die Wahl der Tourenzahl, beziehungsweise die Lage der Geschwindigkeitsdiagramme in folgender Weise bestimmen.

Die größte erreichbare Tourenzahl n_1 sei durch die Gerade OA für $tg\,\varphi = \frac{2\pi n_1}{60}$ ausgedrückt, welche MN im Punkte 1 schneidet. Zieht man durch Punkt 1 eine Senkrechte, so schneidet sie die Gerade mn in dem Punkte 1'. Der Strahl $O1'$ entspreche jener Geschwindigkeitsreihe, welche durch die nächste erreichbare Tourenzahl n_2 aus-

[1]) Diese Betrachtungen hat Prof. Jos. Pechan zuerst in der Zeitschrift des Österr. Ingen.- und Archit.-Vereines 1877, später in seinem „Leitfaden des Maschinenbaues“, III. Band (Wien, F. Deuticke), im Abschnitte „Geschwindigkeitsdiagramme der Werkzeugmaschinen“ veröffentlicht.

gedrückt wird, d. i. jenen Schnittgeschwindigkeiten, welche bei Auflage des Riemens auf der zweiten Stufe erhältlich sind. Dieser Strahl schneide MN im Punkte 2, von diesem ausgehend bestimmt sich 2′ und somit auch der Strahl $O\,2'3$ wie früher beschrieben und ebenso des weiteren die Strahlen $O\,3'4$, $O\,4'5$, $O\,5'6$ usf., durch welche Strahlen die folgenden Umdrehungszahlen n_3, n_4, n_5 usw. bestimmt sind, weil der Wert von $tg.\varphi = \frac{2\pi n}{60}$ $\left(\text{also auch } n = \frac{60}{2\pi}\, tg\,\varphi\right)$ durch die Konstruktion gegeben ist.

Unsere Abbildung zeigt, daß man vom Radius $r = 10$ bis $r = 110$ bei entsprechender Auflage des Riemens mit einer zwischen 80 und 125 *mm* liegenden Schnittgeschwindigkeit drehen kann.

Daß die Abbildung 566 weiter nach rechts hätte fortgesetzt werden können, bedarf wohl keiner Begründung.

Pechan's einfache Konstruktion gibt hiermit die Reihe jener Umdrehungszahlen, welche durch entsprechende Abstufung der Stufenscheiben an der Spindel und dem Vorgelege erreicht werden soll.

Man kann nun diesen graphischen Weg auch dazu benutzen, einen vorhandenen Stufenscheibentrieb auf seine Zweckmäßigkeit zu prüfen, indem man aus den Werten von n die Strahlen bestimmt, und nachsieht, wie weit die sich ergebenden Geschwindigkeiten innerhalb der Parallelen MN und mn liegen oder diese Grenzen überschreiten.

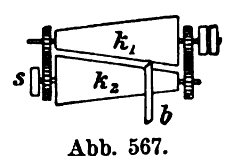


Abb. 567.

Auch durch die günstigste Anordnung der Abstufungen der Stufenscheiben ist es nie möglich, eine konstante Schnittgeschwindigkeit beim Plandrehen zu erzielen, aber es gelingt dies durch Anwendung eines Deckenvorgeleges mit zwei Friktionskegeln und einem zwischen denselben laufenden dicken Kautschukbande, welches die Bewegungsübertragung vermittelt.

Die beiden an horizontalen Achsen angebrachten konischen Trommeln k_1 k_2, Abb. 567, befinden sich an der Decke über der Drehbank.

Der Kegel k_1 erhält von der Haupttransmission seine Bewegung. Das über k_2 laufende dicke Kautschukband (Riemen) ist von einer Riemengabel an der Auflaufseite umgriffen und je nach der Stellung dieser Gabel, beziehungsweise der Lage des Kautschukbandes richtet sich das Umsetzungsverhältnis, denn das Band besorgt die Bewegungsübertragung, weil es zwischen beiden Kegeln in gepreßtem Zustande sich befindet und daher die Umfangsgeschwindigkeit des treibenden Kegels auf den getriebenen überträgt. Je nach der Lage, dem Orte, des Bandes richtet sich das Umsetzungsverhältnis. Von Riemenscheibe s erfolgt der Antrieb der Drehbankspindel.

Eine stetige Verschiebung des Bandes von rechts nach links wird eine stetige Abnahme der Tourenzahl der Drehbankspindel bedingen und eine stetige Verschiebung von links nach rechts, eine stetige Geschwindigkeitszunahme.

Zum Zwecke der Verschiebung des Bandes kann seine Führung mit einer horizontalen Bewegungsschraube in Verbindung stehen, welche entweder von Hand aus oder durch Selbststeuerung angetrieben wird; es läßt sich jedoch auch die Bandführung (Riemengabel) durch ein Hebelsystem betätigen, welches seine Bewegung vom Quersupport empfängt, so daß die

Größe des Abstandes des Werkzeuges von der Achse der Drehbankspindel mit der Stellung der Riemengabel in richtige Beziehung gebracht sein kann.[1])

Die Abb. 568 und 569 stellen zwei Vertikalschnitte durch einen Support dar, wie derselbe zu einer kleinen Drehbank, deren Spindel und Reitstock in den Abb. 558 und 559 behandelt wurden, gehört. Die gleichen Teile sind mit denselben Buchstaben bezeichnet. Aus dem Vergleiche der beiden Abbildungen ist ohne weiteres zu ersehen, daß dieser Support mittels zweier senkrecht zueinander liegender Bewegungsschrauben Bewegungen parallel und senkrecht zur Drehbankspindel gestattet. Der Teil *h* ist mit *i* drehbar und feststellbar verbunden, wovon für den Fall Gebrauch gemacht wird, wenn die Schraube *k* schief zur Drehbankspindel gestellt werden soll, wie dies für das Kegeldrehen erforderlich ist (vgl. Abb. 514, S. 407). Der Antrieb der Bewegungsschrauben *k* und *m* erfolgt von Hand aus.

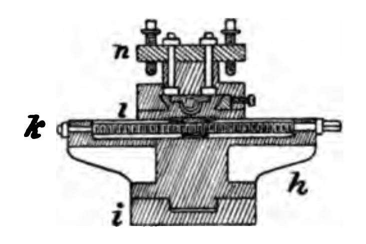


Abb. 568.

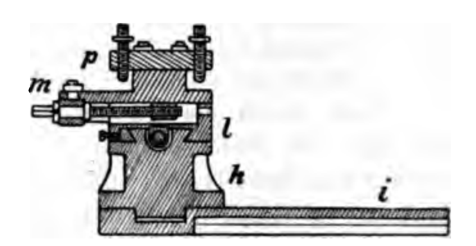


Abb. 569.

Vertikalschnitte eines Supports.

Drehbänke, bei welchen die Längsverschiebung des Supports, daher auch die Werkzeugbewegung, parallel zur Drehbankspindel selbsttätig erfolgt, heißen Egalisierbänke. Es kann diese Längsbewegung dadurch bewirkt werden, daß eine zur Drehbankspindel parallele, im Gestelle gelagerte Schraube, die Leitspindel, von der Drehbankspindel aus stetig angetrieben wird, und indem sie auf eine mit dem Support fest verbundene Mutter einwirkt, diesen verschiebt; es kann aber auch ein anderer Mechanismus zur Anwendung kommen, indem von der Drehbankspindel zunächst durch Zahnräder die Bewegung auf einen Stufenkonus, von diesem auf einen zweiten übertragen wird; Zahnräder vermitteln weiter die rotierende Bewegung auf eine parallel zur Spindel liegende, mit Längsnut versehene Welle, welche eine kurze Schraube ohne Ende (Wurm) trägt, die von einer Gabel der Supportplatte umklammert, daher in bestimmte Lage zum Support gebracht ist. Von diesem Wurm wird ein vom Support getragenes Wurmrad und von dessen Achse werden weitere Zahnräder betätigt. Eines derselben sitzt an einer Welle, welche durch ein Getriebe im Eingriff mit einer Zahnstange steht, die am Drehbankbette festgeschraubt ist. Das Getriebe, dessen Welle in der Supportplatte gelagert ist, wälzt sich auf der Zahnstange und zieht den Support in der Längsrichtung der Zahnstange,

[1]) Aus Grimshaw, „Praktische Erfahrungen im Maschinenbau in Werkstatt und Betrieb“, deutsch von Ing. Elfes, Berlin, Springer 1897.

beziehungsweise der Drehbank. Dieser zweite Mechanismus findet für das gewöhnliche Zylinderdrehen oder Egalisieren Anwendung, der erstgenannte muß für das Schneiden längerer Schrauben vorhanden sein und wird nur für dieses dann verwendet, wenn beide Mechanismen an der Drehbank vorhanden sind.

Abb. 570 zeigt einen auf das Drehbankbett *b* montierten Support. Oben, bei *r*, wird das Drehwerkzeug eingespannt, durch *p* und *q* sind die

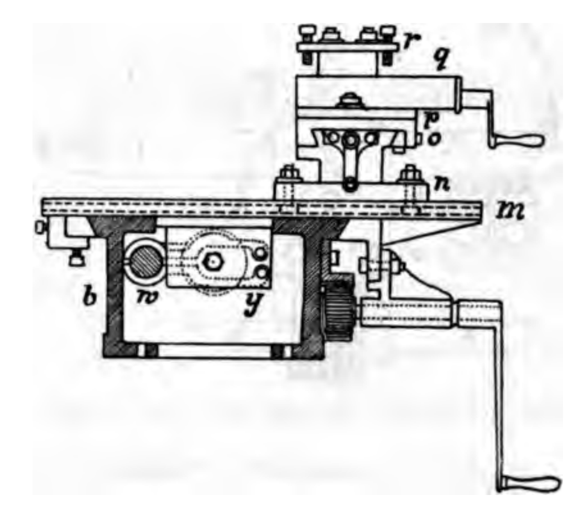


Abb. 570. Support einer Drehbank mit Leitspindel.

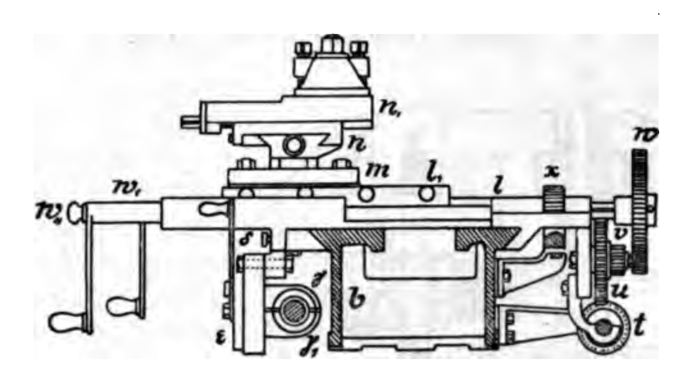


Abb. 571. Support einer Drehbank mit Leitspindel und Nutwelle.

beiden aufeinander senkrechten Geradführungen bezeichnet, welche von Hand aus betätigt werden. Die Scheibe *n* ist auf *m* drehbar angebracht und durch zwei Schrauben feststellbar. Zwischen den beiden Wangen der Drehbank, nahe an der Hinterwange *b*, liegt die Leitspindel *w*. Die mit dem Support verbundene, geteilte Mutter besteht aus zwei Hälften, welche um die Bolzen *y* drehbar sind und die Leitspindel nach Bedarf fassen oder freilassen. Ist die Mutter ausgelöst, so kann der Support mittels Kurbel, Trieb und Zahnstange längs des Bettes verschoben werden.

Die Abb. 571 bis 574 stellen einen Support dar, welcher seine Längs-

bewegung selbsttätig je nach Bedarf entweder durch den Leitspindel- oder Zahnstangenmechanismus erlangen kann. Die Leitspindel liegt hier an der Außenseite des Bettes und ist (Abb. 571) von den Hälften $\gamma \gamma_1$ der Schraubenmutter umgriffen, welche in Vertikalschlitzen der Platte δ Führung finden. An jeder Mutterhälfte ist ein Zapfen angebracht, welcher je in einen exzentrischen Schlitz der drehbaren Scheibe ε

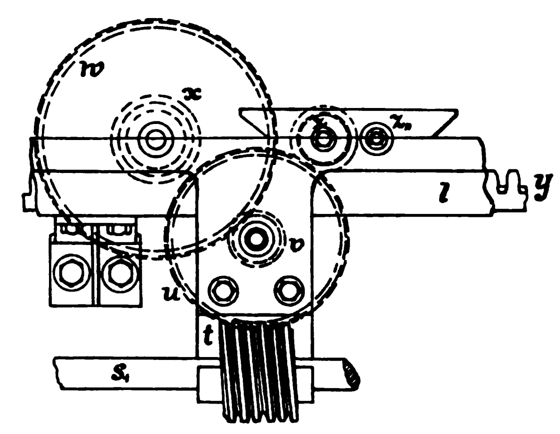


Abb. 572. Support für Leitspindel- und Nutwelle.

eingreift. Bei der in Abb. 574 gezeichneten Stellung dieser Scheibe wäre die Mutter ausgerückt.

Die Zahnstange (y Abb. 572) ist am Bette befestigt. Längs des Bettes liegt die mit Längsnut versehene Welle s_1 Abb. 573, durch welche

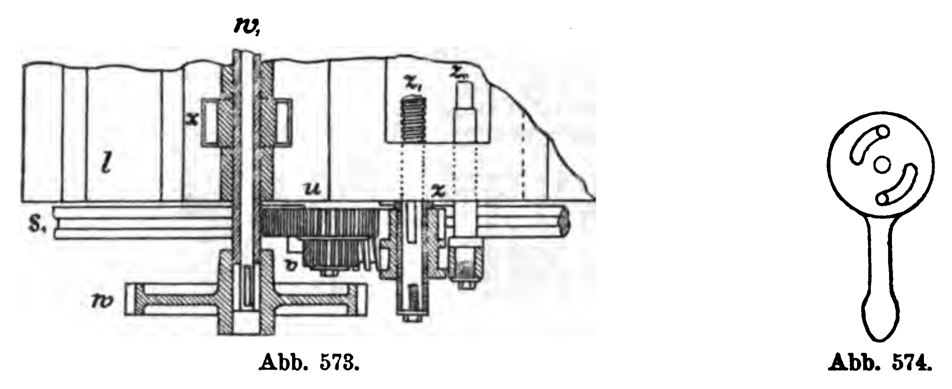


Abb. 573. Abb. 574.

der Wurm t (vgl. oben S. 428) angetrieben wird. t treibt das Wurmrad u und hierdurch Rad v. Ist das Rad w, dessen Achse verschiebbar ist, in v eingedrückt, so geht die Bewegung von v auf w und das Triebrad x, welches auf der Zahnstange (y) sich abrollend dem Support langsame Längsverschiebung erteilt. Befindet sich hingegen w ausgerückt, so kann die Längsbewegung von der Handkurbel $w_{\prime\prime}$ aus erfolgen. Bei ausgerücktem Rade w, hingegen in u eingerücktem Rade z, wird die Schraubenspindel z_1 gedreht, welche den oberen Teil des Supports (Quersupport) senkrecht zur Spindel ver-

schiebt, wie dies beim selbsttätigen Plandrehen erforderlich ist. Aus- oder Einrückung von z erfolgt durch die Stange $z_{\prime\prime}$, welche geradlinig verschiebbar ist und an ihrem Ende einen Ansatz trägt, welcher in einen eingedrehten Hals an z eingreift und hierdurch z verschiebt.

Der stetige Antrieb der genuteten Welle s_1 erfolgt von der Drehbankspindel durch nachstehenden Mechanismus. Von einem an der Drehbankspindel sitzenden Zahnrade wird die Bewegung durch ein Zwischenrad auf ein Zahnrad übertragen, welches mit einem kleinen Stufenkegel an gemeinsamer Hülse an der linken Seite des Spindelstockes drehbar angeordnet ist. Von dieser Stufenscheibe wird eine tiefer unten gelagerte Stufenscheibe angetrieben, mit welcher ein Stirnrad (r) verbunden ist. Von diesem Stirnrade wird die rotierende Bewegung mit Hilfe eines oder zweier Zwischenräder, je nach der beabsichtigten Drehungsrichtung, auf ein an der Nutwelle s_1 sitzendes Rad übertragen und dadurch diese betätigt. Die erwähnten Zwischenräder sitzen auf Achsbolzen, welche von einem gemeinsamen um r drehbaren Schilde getragen werden, von dessen Einstellung es abhängt, ob nur das eine oder ob beide Zwischenräder wirken. Die entsprechende Einstellung des Schildes erfolgt mittelst eines Hebels, welchen man als Reversierhebel bezeichnen kann, weil durch seine Lage der eine oder andere Drehungssinn der Nutwelle erreichbar ist (s. unten). (Hart, Werkzeugmaschinen, Taf. 6.)

Bei allen Werkzeugmaschinen ist es von Vorteil, die Vorrichtungen für Aus- und Einrückung sowie jene zur Änderung der Geschwindigkeiten dem Standpunkte des Arbeiters nahe zu legen, damit er dieselben ohne Ortswechsel sofort betätigen kann. Der Dreher hat seinen Normalstand beim Support, weil er hier die Einstellung des Werkzeuges zu besorgen und dessen Tätigkeit zu überwachen hat; es ist daher vorteilhaft mit dem Support derlei Mechanismen zu verbinden. Man spricht dann vom Supportschlitten mit Schloß und versteht darunter eine Anordnung, durch welche es dem Arbeiter ermöglicht ist, von seinem Platze aus, durch Hebelstellungen die Leitspindel oder die Nutwelle ein- oder auszurücken und den Länggang des Support mit verschiedenen Geschwindigkeiten einzuleiten.

Die nachfolgenden Skizzen, Abb. 575 bis 579, sollen den Mechanismus verständlich machen. — Sowohl die Leitspindel L als die Nutwelle N erhalten vom Spindelstocke aus ihren Antrieb, sie wirken aber erst dann bewegend auf den Support ein, wenn erstere durch Einrückung der segmentförmigen Mutter M oder letztere durch Einrückung einer Kuppelung K zur Wirkung gebracht wird, wobei durch geeignete Blockierung (Sperrung) dafür gesorgt ist, daß der Support nie von L und N gleichzeitig betätigt werden kann.

Abb. 575 stellt einen Horizontalschnitt durch das „Schloß" dar, also durch jenen Bewegungsmechanismus, welcher auch Geschwindigkeitsänderungen gestattet und welcher, wie Abb. 576 zeigt, unten am Supporte und vor dem Drehbankbette angebracht ist. Diese Abbildungen sind durch

Weglassung mancher Teile vereinfacht. Von der Nutwelle N wird die rotierende Bewegung durch Räder 1, 2, 3, 4 auf die zu N parallele Welle w_r übertragen, wobei entweder nur Rad 2 oder 2 und 3 als Zwischenräder

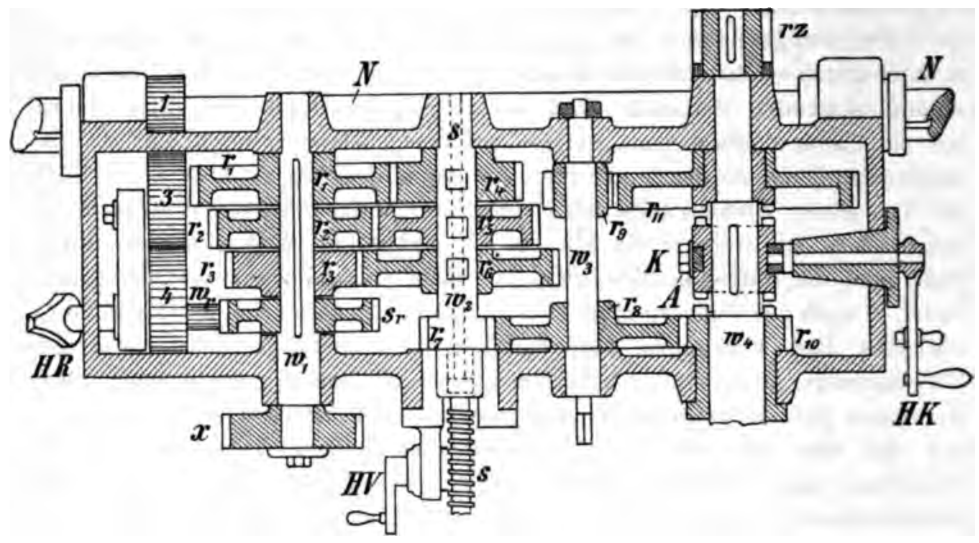


Abb. 575. Supportschlitten mit Schloß, Horizontalschnitt.

wirken, je nach Einstellung des Hebels HR, welchen man Reversierhebel nennen kann. (Abb. 577.) Der Drehungssinn der Welle w_r läßt sich daher

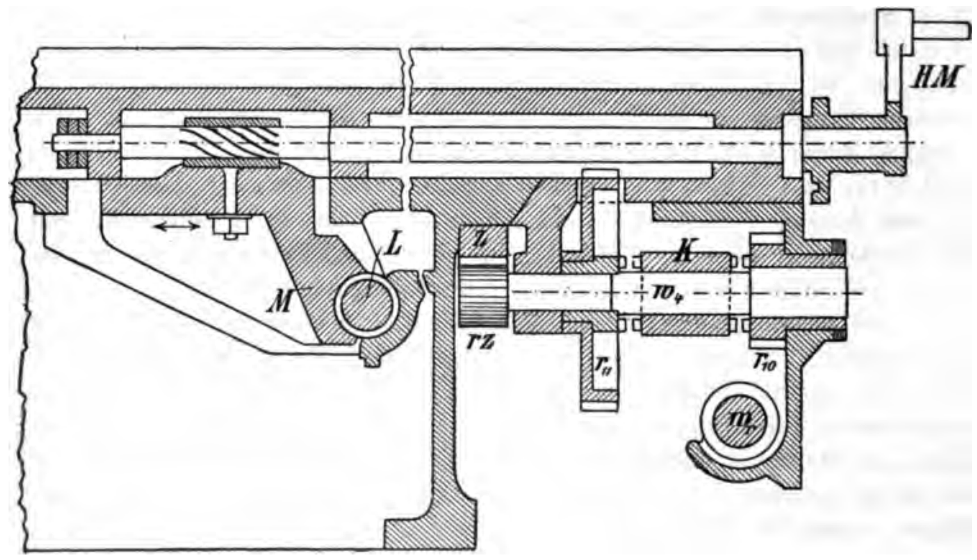


Abb. 576. Vertikalschnitt.

umkehren. Auf w_r sitzt eine Schraube, welche in das Schraubenrad s_r eingreift und hierdurch die Welle w_1, auf welcher drei weiterere Räder $r_1\, r_2\, r_3$ aufgekeilt sind, betätigt. Diese drei Räder ($r_1\, r_2\, r_3$) greifen in die lose auf

der Welle w_2 sitzenden Räder $r_4\ r_5\ r_6$ ein. Dieselben laufen so lange leer, bis irgend eines derselben mit der Welle gekuppelt wird, hiervon später; für jetzt sei angenommen, daß diese Kuppelung leicht möglich ist. Die Welle w_2 wird daher drei verschiedene Geschwindigkeiten erlangen können und nachdem die Welle w_3 durch $r_7\ r_8$ von w_2 angetrieben werden kann, so ist es möglich auch der Welle w_3 drei verschiedene Geschwindigkeiten zu erteilen. Auf der Welle w_3 sind die beiden Räder r_8, r_9 aufgekeilt, welche in die lose auf w_4 sitzenden Räder r_{10}, r_{11} eingreifen. Verschiebt man die Kuppelung K durch Betätigung des Hebels HK auf der Welle w_4, so wird je nach der Verschiebungsrichtung r_{10} oder r_{11} mit w_4 gekuppelt, demnach kann w_4 von w_3 zwei verschiedene Geschwindigkeiten erhalten. In Verbindung mit den drei verschiedenen Geschwindigkeiten der Welle w_3 ergeben sich sechs verschiedene Geschwindigkeiten von w_4 und nachdem w_4 das Zahrad rz trägt, welches in die am Drehbankbette befestigte Zahnstange z eingreift und auf dieser sich wälzend den Support verschiebt, so kann der Support sechs verschiedene Geschwindigkeiten erlangen. Der

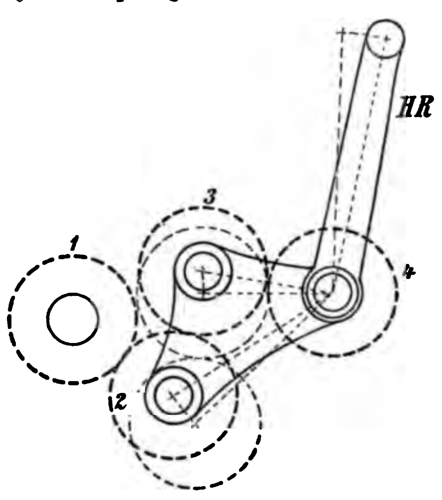


Abb. 577. Reversierhebel.

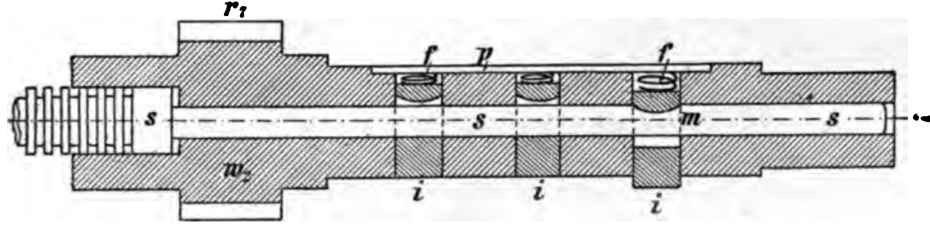


Abb. 578. Welle w_2 mit Kuppelungszähnen i.

Arbeiter braucht nur die Arme oder Hebel HV und HK entsprechend zu betätigen. Es sei bemerkt, daß die Achsen w_1 bis w_4 nicht in derselben Horizontalebene liegen. Das Rad x an der Welle w_1 treibt auf Räder, welche gleichfalls vor der Außenwand des Supports liegen und einerseits den Quersupport, beziehungsweise die Plansteuerung, anderseits eine noch höher liegende Platte, den Messerschieber, betätigen. Die Räder an den diesbezüglichen Schraubenspindeln können behufs Ein- oder Ausrückung an den Spindeln verschoben werden. Diese Teile sind nicht gezeichnet.

Der Mechanismus für die willkürliche Kuppelung eines der Räder r_4, r_5, r_6 mit der Welle w_2 hat folgende Einrichtung. Die Welle w_2 ist durchbohrt (hohl) und an drei Stellen vierkantig, quer durchbrochen. In

diese prismatischen Durchsetzungen sind radial verschiebbare Kuppelungsstücke *i* eingesetzt, welche, wie Abb. 578 zeigt, der Steckstange *s* den Durchgang gestatten und von dieser in der Regel, entgegen dem Drucke kleiner Federn *f*, so gehalten werden, daß sie die Räder am Leerlaufe nicht hindern. Wird aber der Arm (Hebel) *H V* und mit ihm ein Zahnrad gedreht, so greifen die Radzähne in die ringförmigen Vertiefungen der Stange *s* und indem dieselbe verschoben wird, gelangt die Mulde *m* gegen das eine oder andere Kuppelungsstück (Zahn) *i*, es erfolgt durch die Wirkung der Feder *f* welche sich an die Platte *p* stützt, eine radiale Verschiebung desselben und *i* tritt in einen Ausschnitt (deren sind je drei oder vier vorhanden) der

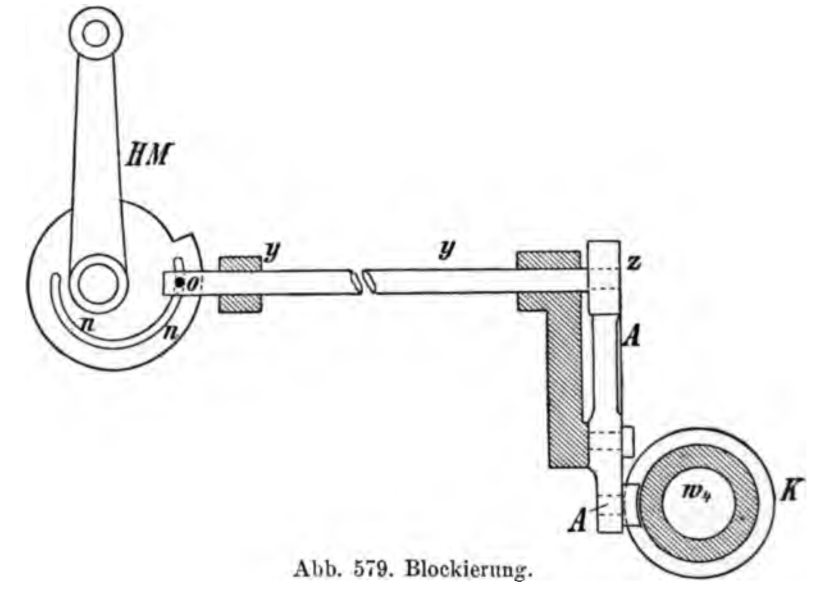


Abb. 579. Blockierung.

Radnabe, die Kuppelung bewerkstelligend. Die Welle w_2 rotiert, die Teile *s* und *i* machen die Bewegung mit.

Die oben erwähnte Sperrung, Blockierung der Leitspindelmutter, erfolgt dadurch, daß die Drehung jenes Armes *HM*, welcher das Einrücken der Mutter zu besorgen hat, dann verhindert wird, wenn die Kupplung *K* eingerückt ist. Ist dieselbe wie in Abb. 575 ausgerückt, so steht der Arm *A* lotrecht und eine von ihm getragene Scheibe *z*, Abb. 579, steht so, daß das Ende der Stange *y* in ein Loch dieser Scheibe eintreten kann, daher der Arm *HM* sich derart drehen läßt, daß die Mutter die Leitspindel faßt; ist hingegen die Kuppelung *K* eingerückt, so steht *A* so, daß das Ende der Stange *y* auf die volle Scheibe *z* trifft und *HM* an der Drehung verhindert ist, weil Zapfen *o* in der exzentrischen Nute *n* nicht gleiten kann.

Sowohl die beschriebene Räderkuppelung als die Blockierung sind auch in anderen Fällen anwendbar. Die Maschinenfabrik Vulkan in Wien baut Drehbänke der besprochenen Anordnung und sei für die diesbezüglichen Mitteilungen der Dank ausgesprochen.

Die Plandrehbänke, auch Scheibendrehbänke genannt, werden zum Abdrehen von Schwungrädern, Seilscheiben u. dgl. benutzt. Sie bestehen aus einem sehr kräftigen, wohl fundierten Spindelstocke; an der Spindel sitzt eine große Planscheibe, bestimmt zur Befestigung des Arbeitsstückes. Planscheibe und Werkstück reichen mit dem unteren Dritteil in eine Grube, durch welche es möglich ist, die Spitzenhöhe wesentlich kleiner als den Halbmesser des Arbeitsstückes zu halten. Denselben Zweck erfüllt bei größeren Egalisierbänken ein Ausschnitt des Bettes, „Kröpfung", nächst dem Spindelstocke. Die großen Plandrehbänke haben kein eigentliches Bett, sondern es ist der Spindelstock und der Support getrennt neben der Grube auf Mauerwerk fundiert.

Der Antrieb der Spindel einer großen Plandrehbank verlangt ein Rädervorgelege, welches derart angeordnet ist, daß noch weit bedeutendere Übersetzungen ins Langsame möglich sind, als wir dies bei den Egalisier-

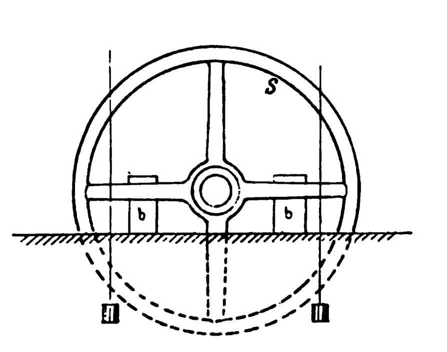



Abb. 580. Grubendrehbank.

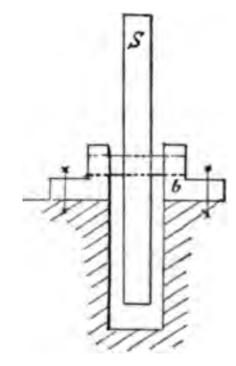


Abb. 581.

bänken kennen lernten. Sehr häufig ist an der Rückseite der Planscheibe ein Zahnkranz, zuweilen mit äußerer und innerer Verzahnung, angebracht und die Rädervorgelege wirken dann durch ein Triebrad (beziehungsweise zwei) auf den Zahnkranz. Um den großen Achsendruck (Lagerdruck) zu vermindern, welchen schwere Arbeitsstücke bedingen, unterstützt man zuweilen die Planscheibe durch Stütz- oder Laufrollen. (Ausführliche Zeichnungen in Hart Taf. 11 und 12).

Als ein billiger Ersatz der Plandrehbänke sind die sogenannten Grubendrehbänke hervorzuheben, deren Einrichtung und Verwendung die folgende ist.

Das abzudrehende Schwungrad S wird zunächst über und in die Grube gehängt und durch Lote (Abb. 580) eingerichtet. Die horizontalen Arme werden auf Böcken b aufgesetzt und an denselben festgeschraubt, wobei die Vorderfläche des Rades parallel zur Bett- oder Grubenkante liegen muß. Ist dies geschehen, so wird der Bohrbock aufgesetzt, zentrisch eingerichtet und die Schwungradnabe ausgebohrt. In diese Bohrung wird nach Entfernung des Bohrbockes eine provisorische Achse eingesetzt, auf dem abzudrehenden Schwungrade konzentrisch ein Zahnkranz R befestigt

und hierauf das Rad in zwei Lagerböcken, Abb. 581, 582, gelagert; die früher verwendeten Armstützen aber entfernt. Das Triebrad eines Triebstockes, welcher auf dem Bette befestigt wird, greift in den Zahnkranz ein und hierdurch wird das Schwungrad in den Lagerböcken langsam gedreht. Zunächst findet das Abdrehen der einen Seite des Schwungringes statt, wobei nur ein schwacher Span genommen wird. Gegen die so gebildete Ringfläche läßt man nach Abb. 583 eine Stützrolle wirken und kann auf der Gegenseite einen kräftigen Span nehmen. Beim weiteren Abdrehen kann der Kranz beiderseits durch Rollen gestützt werden.

Die sogenannten Horizontal oder Karussell-Drehbänke besitzen vertikale Drehbankspindel, die Planscheibe liegt daher horizontal und lassen sich Werkstücke leichter und rascher zentrisch aufspannen. Die Anordnung des Supports hat Ähnlichkeit mit jener bei Hobelmaschinen, vergl. Abb. 481 S. 398. Die hervorragende „Deutsche Niles-Werkzeug-

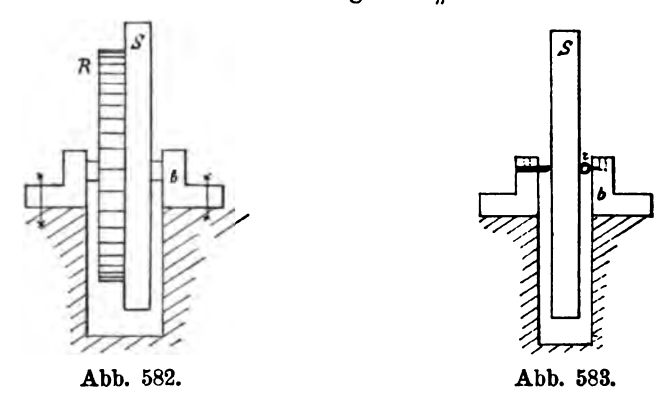


Abb. 582. Abb. 583.

maschinenfabrik“ in Ober-Schöneweide bei Berlin baut diese Maschinen in den verschiedensten Abmessungen, auch in Verbindung mit am Support angebrachten Bohrmechanismen. (Siehe rückwärts bei Fräsmaschinen.)

Das Kugeldrehen geschieht entweder durch Handarbeit oder mit Hilfe eines „Kugelsupports“. Im ersteren Falle wird das annähernd kugelige Arbeitsstück zunächst in einem Futter so befestigt, daß wenig mehr als die Hälfte vorragt. Man sticht nun einen größten Kreis ein, spannt hierauf das Arbeitsstück so in das Futter, daß ein Durchmesser des eingestochenen Kreises in die Verlängerung der Achse der Drehbankspindel fällt und dreht das aus dem Futter vorragende Arbeitsstück bis zu dem eingedrehten Kreise ab, hierdurch erhält man eine exakte Halbkugel. Nach neuerlichem Umspannen wird die zweite Hälfte der Kugel herstellbar.

Weit bequemer ist das Abdrehen mittels des Kugelsupports, bei welchem die Spitze des Werkzeuges einen Kreisbogen durchläuft, welcher in einer horizontalen, durch die Rotationsachse gehenden Ebene liegen muß; beziehungsweise hat die Schneide des Werkzeuges einen solchen Kreis zu tangieren. Der Kugelsupport hat zu diesem Zwecke eine vertikale Drehachse, deren Verlängerung die Rotationsachse schneidet. Um diese Achse

kann der obere Teil des Supports durch Wurm und Wurmrad langsam gedreht werden.

Der Abstand des Werkzeuges von der Drehachse des Supports entspricht dem Kugelradius. Auch hier ist ein Umspannen erforderlich. Kleine Kugeln können durch Anwendung von Fassonstählen gedreht werden.

Für die Erzeugung der Kugeln für Fahrradlager sind besondere Verfahren in Anwendung.[1])

Schraubenschneiden auf der Drehbank.

Durch Zuhilfenahme des Schraubstahles, Schneidkammes oder Strehlers können aus freier Hand kurze Spindel- und Muttergewinde geschnitten werden, wenn der Arbeiter darauf eingeübt ist, während einer Umdrehung des Arbeitsstückes das Werkzeug gleichmäßig um seinen Spitzenabstand zu verschieben. Weit sicherer und leichter gelingt jedoch diese

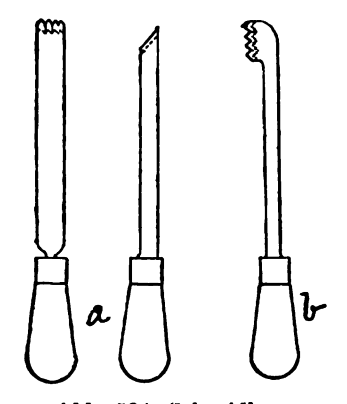




Abb. 584. Schneidkamm.

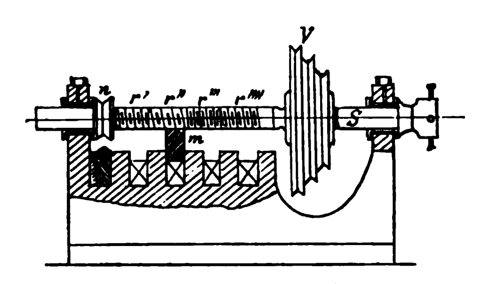


Abb. 585. Patronendrehbank.

Arbeit, wenn das Arbeitsstück selbst die Schraubenbewegung macht und der Schneidkamm nur angedrückt, beziehungsweise an der Auflage festgehalten zu werden braucht, wie dies bei Anwendung der Patronendrehbänke der Fall ist.

Abb. 584 stellt einen äußeren und einen inneren Schraubstahl (Schneidkamm oder Strehler für Spindel- und Muttergewinde) dar. Die eigentlich schneidenden Zahnreihen sind entsprechend hinterschliffen.

Abb. 585 zeigt die schematische Skizze des Spindelstockes einer sogenannten Patronendrehbank, dessen Einrichtung eine solche ist, daß das Arbeitsstück eine Schraubenbewegung erhält. Die Spindel der Patronendrehbank besitzt längere Lagerzapfen, welche eine Längsverschiebung der Spindel zulassen; diese Verschiebung wird bewirkt durch die eine oder

[1]) Die selbsttätige Kugeldrehbank der Taylor, Cooper & Bednell Co. ist in Pregel's Werk über Drehbänke S. 246 beschrieben. S. ferner: La Mécanique générale americaine par Gust. Richard, Paris, J. B. Baillière et fils 1896, S. 383 bis 385.

andere der kurzen Schrauben (Patronen) r' bis r'''', je nachdem gegen eine derselben eine Mutter m, segmentförmiger Gestalt, angedrückt wird. Rotiert die Drehbankspindel, so wird sie durch das Schraubenpaar gezwungen, eine Schraubenbewegung zu machen, diese Bewegung muß auch das Arbeitsstück mitmachen, welches durch ein Futter in feste Verbindung mit der Spindel gebracht ist.

Will man an der Patronendrehbank mittels des Schneidkammes eine Schraube (oder Mutter) schneiden, so ist das Werkzeug so zu wählen, daß die Zahnteilung desselben genau gleich der Steigung der gewählten Schraube ist (Abb. 585 r''); in diesem Falle wird durch allmähliche Annäherung des Werkzeuges schließlich eine scharfgängige Schraube geschnitten. Man macht also mehrere Schnitte, zu welchem Zwecke die Drehbankspindel wiederholt ihre Schraubenbahn vor und zurück durchlaufen muß.

In der Regel werden die Patronendrehbänke nur zum Schneiden kurzer Gewindestücke verwendet. Will man etwas längere Schrauben schneiden, als der Verschiebungslänge der Spindel entspricht, so ist der Vorgang folgender:

Man schneidet zunächst ein kurzes Stück der Schraube mit Hilfe der Patrone, rückt dieselbe sodann aus, schaltet in die ringförmige Nut der Spindel n ein Sattelstück ein, und verhindert dadurch die Spindel sich in ihren Lagern zu verschieben. Ist dies geschehen und die Spindel in Rotation gesetzt, so wird der Schneidkamm in etwas schiefer Lage so verwendet, daß einige Zähne in den geschnittenen Gängen Führung finden, während die anderen das Gewinde am Werkstücke weiter schneiden, mithin das Gewinde verlängern.

Es sei bemerkt, daß bei vielen Patronendrehbänken die Patronen auch einzeln nach Bedarf an das Spindelende gesteckt sein können, in welchem Falle die Muttersegmente oft in Form eines Vieleckes geeignet angebracht sind. Bei Revolverdrehbänken findet sich auch oft eine Anordnung fürs Schraubenschneiden, bei welcher Drehbankspindel und Patrone am Orte rotieren und eine sattelförmige Mutter, welche mit einer parallel zur Spindel verschiebbaren Hülse in Verbindung steht, dieser die Längsbewegung erteilt. Während einer Umdrehung der Spindel macht somit die Hülse eine Längsverschiebung um die Ganghöhe der Patrone. Mit der Hülse ist drehbar ein Hebel verbunden, in welchem ein Schneidzahn eingesetzt ist, der gegen das Werkstück gedrückt wird. Die rotierende Bewegung des Werkstückes und die geradlinige Bewegung der Hülse und des Schneidzahnes kombinieren sich zu einer relativen Schraubenbewegung des Schneidzahnes am Werkstücke und bewirken so gleichfalls ein Schraubenschneiden.

Der Schneidkamm läßt sich nicht nur auf Metall, sondern auch auf Holz anwenden.

Man wendet ausnahmsweise an der Drehbank zum Schneiden von Schrauben geringen Durchmessers auch Schneideisen und Schneidkluppen an; doch schneidet man mit diesen Werkzeugen meist ohne Zuhilfenahme der Drehbank Schrauben, daher wir sie unter VIII besprechen.

Größere, insbesondere längere Schrauben, wie sie häufig als Bewegungsschrauben Anwendung finden, werden auf Egalisierbänken geschnitten. Hierbei ist die zu schneidende Spindel zwischen den Spitzen von Spindelstock und Reitstock gehalten und erhält von der Drehbankspindel rotierende Bewegung, während das Werkzeug mit dem Supporte die Längsbewegung erhält, welche von der Leitspindel vermittelt wird.

Die Leitspindel empfängt die langsam rotierende Bewegung gewöhnlich durch Vermittlung der sogenannten Wechselräder von der Drehbankspindel aus. In nachstehender Abb. 586 ist S die Achse der Drehbankspindel, L die Achse der Leitspindel, a, b, a', b' sind die Wechselräder, von welchen a' und b auf gemeinsamer Hülse (auf dem Transportstifte) sitzen, welcher in einem der Schlitze der um L drehbaren Flasche F so festgestellt wird, daß a mit b und a' mit b' in richtigem Eingriffe stehen, wonach auch die Flasche F festgestellt wird. Die auf der Hülse des Trans-

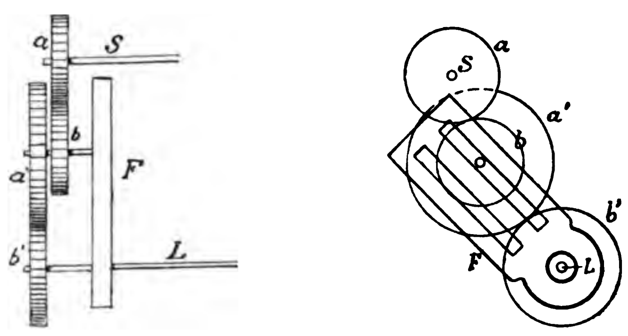


Abb. 586. Wechselräder.

portstiftes aufgekeilten Räder b und a' drehen sich gemeinsam; a und a' sind die treibenden, bb' die getriebenen Räder. Man nennt diese Räder Wechselräder, weil ein Satz von 20 bis 30 Rädern der Egalisierbank beigegeben ist, von welchen beliebige vier in Verwendung gezogen werden. Diese Räder haben daher durchweg gleiche Teilung und gleiche Zahnbreite, sie sind „Satzräder“.

Bedeuten a und a' die Zähnezahlen der treibenden, b, b' die Zähnezahlen der getriebenen Räder, so ist $\frac{aa'}{bb'}$ das Umsetzungsverhältnis, und wenn man mit S die Tourenzahl der Spindel und mit L die Tourenzahl der Leitspindel ausdrückt, so ist

$$L = \frac{aa'}{bb'} S.$$

Es ist wohl leicht einzusehen, daß je größer L im Vergleiche zu S wird, d. h. je größer der Wert $\frac{aa'}{bb'}$ ist, um so größer ist die Verschiebung des Supports, welche auf eine Umdrehung der Drehbankspindel entfällt. Diese Verschiebung ist aber gleich der Steigung **S** der zu schneidenden

Schraube und auch gleich der Steigung **L** der Leitspindel mal der auf eine Spindeldrehung entfallenden Leitspindeldrehung, d. i. $\frac{L}{S}$, mithin ist

$$\mathsf{S} = \mathsf{L}\frac{L}{S} = \frac{aa'}{bb'}\mathsf{L}.$$

Zumeist besteht die Aufgabe darin, mit einer bestimmten Egalisierbank, also gegebenem **L**, eine Schraube bestimmter (verlangter) Steigung **S** zu schneiden. In obiger Gleichung ist dann **S** und **L** bekannt und aus den gegebenen 20 bis 30 Wechselrädern sind jene vier zu wählen, welche der Gleichung $\frac{aa'}{bb'} = \frac{\mathsf{S}}{\mathsf{L}}$ entsprechen.

Bei der großen Zahl möglicher Zusammenstellungen, sie zählen nach Tausenden, hat die rasche Lösung ihre Schwierigkeit, sie gelingt jedoch leicht durch Anwendung eines besonders eingerichteten logarithmischen Rechenschiebers, des Wechselräderindikators von Munyay, oder durch Anwendung der Regel von Direktor Haedicke.[1])

Der Munyay'sche Indikator besitzt vier logarithmische Skalen, die erste und zweite Skala ist übereinstimmend, diese Skalen entsprechen den Amben der Zähnezahlen der Wechselräder (*aa'*, beziehungsweise *bb'*), neben jedem Teilstriche dieser Skalen stehen zwei Zahlen (Zähnezahlen der Wechselräder), deren Produkte die Lage des Teilstriches entspricht, die dritte ist eine gewöhnliche logarithmische Teilung, z. B. auf Millimeter bezogen und entspricht dem **S**, die vierte Skala weist nur wenige Teilstriche auf, der wichtigste entspricht dem **L** im gleichen Maß gemessen, welches der dritten Skala zugrunde liegt. Alle vier Skalen sind auf die gleiche Einheit (log 10 = 1) bezogen. Die zweite und dritte Skala ist auf dem Schieber aufgetragen, die erste und vierte an den Führungen. Verschiebt man den Schieber um irgend welches Stück, so stehen jene Größen, deren Teilstriche nach der Verschiebung zusammenfallen, zufolge des dem logarithmischen Rechenschieber zugrunde liegenden Prinzipes in einem konstanten Verhältnisse.

Hat man den Schieber so weit verschoben, daß der dem gewünschten **S** entsprechende Teilstrich der dritten Skala den Teilstrich **L** der vierten berührt, so hat man das Verhältnis $\frac{\mathsf{S}}{\mathsf{L}}$ gebildet. In demselben Verhältnisse stehen dann auch jene *aa'* und *bb'*, deren Teilstriche in den Skalen 1 und 2 zusammenfallen. Man hat hierdurch jene Ambenpaare gefunden, welche der Aufgabe genau oder doch näherungsweise entsprechen. Eine Proberechnung gibt hierüber bestimmten Aufschluß.

[1]) Über den Wechselräderindikator s. Näheres in Karmarsch-Heeren's Technischem Wörterbuche, Bd. II, S. 696. S. ferner H. Haedicke, Eine einfache Regel für die Bestimmung der Wechselräder. Remscheid, Herm. Krumm. Vgl. ferner Rud. Dahl, Berechnung der Wechselräder, 5. Aufl. Berlin 1891. Rusch, Tabelle zur einfachen Berechnung der Wechselräder. Wien, Deuticke 1895.

Die Regel von Haedicke fußt auf folgender Erwägung: Die Leitspindel besitze l Gänge auf die Längeneinheit (z. B. den englischen Zoll), so ist l die „Gewindezahl" der Leitspindel und bei einer Umdrehung der Leitspindel verschiebt sich der Support um $\frac{1}{l}$ der gewählten Längeneinheit. Bei der herzustellenden Schraube sollen n Gänge auf diese Einheit gehen, der Support muß sich pro Umdrehung der Drehbankspindel um $\frac{1}{n}$ verschieben und dies wird dann geschehen, wenn die Leitspindel in dieser Zeit $\frac{l}{n}$ Touren macht. Setzt man nun an die Drehbankspindel ein Rad, welches $10 \,.\, l$ Zähne besitzt, so hat die Leitspindel ein Rad von $10 \,.\, n$ Zähnen zu erhalten. Man wird dann die verlangte Schraube bekommen, wenn das Rad an der Drehbankspindel unmittelbar in das Rad an der Leitspindel eingreift. Haedicke nennt eine Drehbank „eingerichtet", wenn das Rad an der Drehbankspindel $10\ l$ Zähne besitzt oder durch eine geeignete Übersetzung ein am Spindelstocke angebrachtes Rad so angetrieben wird, daß dasselbe an die Stelle des ersteren tritt und dieselbe Wirkung erzielt wird. Dann lautet seine Regel: „Das Rad auf der Leitspindel erhält zehnmal so viel Zähne als man Gänge auf die Längeneinheit schneiden will."

Weil jedoch das Rad auf der Leitspindel nicht direkt in jenes auf der Drehbankspindel eingreift, so verwendet man Wechselräder, welche entweder als bloße Zwischenräder oder als Vorgelege wirken.

Ein Zwischenrad ist ein solches, dessen Zahnkranz sowohl in das treibende als in das getriebene Rad eingreift, es übt bekanntlich keinen Einfluß auf die Geschwindigkeit, beziehungsweise auf das Übersetzungsverhältnis. Ein Vorgelege besteht hingegen aus zwei auf derselben Achse aufgekeilten, sich gemeinsam drehenden Rädern (wie oben die Räder $b\ a'$, Abb. 586), von welchen das eine getrieben ist, das andere treibend wirkt und die bei ungleichen Zähnezahlen Einfluß auf die Geschwindigkeit üben.

Man kann nun je nach Bedarf die in die Flasche F, Abb. 586, einzusetzenden Wechselräder nur als Zwischenräder oder als Vorgelege wirken lassen, welch letzterer Fall in Abb. 586 vorliegt. Mit Zwischenrad wird man arbeiten, wenn das Rad mit $10\ n$ Zähnen für die Leitspindel vorhanden ist, mit Vorgelege dann, wenn man ein Rad benutzen muß, dessen Zähnezahl mit der rechnungsmäßig geforderten ($10\ n$) nicht übereinstimmt, aber doch in einem so einfachen Verhältnisse dazu steht, daß sich die für das Vorgelege zu wählenden beiden Räder aus den vorhandenen Satzrädern leicht ermitteln lassen. In Fällen, in welchen n ein Bruch (z. B. $^{103}/_{10}$) und $10\ n$ eine größere Primzahl (z. B. 103) ist, führt Haedicke's Regel deshalb nicht zum Ziele, weil die erforderlichen Räder fehlen. Munyay's Indikator gibt gute Nährungswerte weit rascher an, denn mit solchen muß man sich hier behelfen.

Ist der richtige Satz von Wechselrädern angebracht, so kann das

eigentliche Schraubenschneiden erfolgen. Natürlich muß die Spindel auf das Maß des größten Durchmessers vorher abgedreht oder jenes Stück, in welches ein Muttergewinde geschnitten werden soll, auf den kleinsten (inneren) Durchmesser ausgedreht sein. Die Stelle, wo das Spindelgewinde beginnt, ist häufig durch eine Verdickung der Spindel markiert und hat man daher meist nur das Ende des Gewindes zu bestimmen. Da das Gewinde nur durch mehrere Schnitte erhältlich ist, weil die Spandicke geringer als die Gangtiefe ist, so muß das Werkzeug nach gemachtem Schnitte zurückgezogen und mit dem Support wieder an die Anfangsstelle geführt werden. Das Zurückziehen (Herausziehen) des Drehstahles wird wesentlich erleichtert, wenn die Spindel dort, wo das Gewinde endet, auf die volle Gangtiefe abgedreht ist.

Das Zurückführen erfolgt entweder durch Öffnen der Mutter (vgl. Abb. 570) und Verschiebung des Supports aus freier Hand, oder es erfolgt selbsttätig durch Umsteuerung. Erfolgt die Umsteuerung dadurch, daß man dem Deckenvorgelege die entgegengesetzte Bewegung erteilt, was jedoch spezielle Transmissionsanordnung verlangt, so erfolgen alle Bewegungen im entgegengesetzten Sinne und es braucht der Schneidstahl nur so weit zurückgezogen zu werden, daß er im Gange nicht streift; wird aber nur die Leitspindel im entgegengesetzten Sinne bewegt, so muß das Werkzeug vollkommen aus dem Gange ausgezogen sein. Im ersteren Falle hat man nur achtzuhaben, daß die Umschaltung rechtzeitig erfolgt, damit der Schneidstahl am Anfange des Gewindes nicht anstößt, was durch rechtzeitige Bewegungsumkehrung geschieht; im zweiten Falle macht die richtige Einrückung zuweilen nicht unerhebliche Schwierigkeit. Richtiges Einrücken wird stets dann möglich sein, wenn die Drehbankspindel und die Leitspindel dieselbe Lage haben wie bei Beginn des ersten Schnittes, was durch Marken an denselben und Zeiger erkannt werden kann. Beim Selbstrückgange des Supports gelingt das Einrücken ohne weiteres, wenn die Steigung der Leitspindel ein ganzes Vielfaches der Steigung der zu schneidenden Schraube ist, denn jede Verdrehung der Leitspindel von der Anfangsstellung des Schneidens wird die ebenso vielfache Verdrehung der Drehbankspindel zur Folge haben, daher ist das Werkzeug beim Einrücken um dieselbe Länge von der Ausgangsstelle verschoben, als die dem Werkzeuge zugekehrte Stelle des zu schneidenden Gewindes. Das Werkzeug muß daher in die Furche treffen.

Will man rechte Gewinde schneiden, so hat sich der Support vom Reitstocke gegen den Spindelstock zu bewegen, für linke Gewinde umgekehrt.

Die spezielle Form des Gewindes verlangt auch entsprechende Form des Werkzeuges. Für das scharfe Gewinde ist das Werkzeug einem Spitzstahl, für das flache einem Schlichtstahl ähnlich; der Gewindeabrundungen wegen mit abgerundeten Ecken. Die äußeren Gewindekanten werden durch besondere Drehwerkzeuge am Schlusse des Schneidens gerundet. Bei

Herstellung runder Gewinde verwendet man hintereinander fünf verschiedene Werkzeuge, wie Abb. 587 zeigt, wobei das Werkzeug 1 stufenbildend mehrere Male angewendet wird. (Reiche, Maschinenfabrikation.)

Statt der im vorstehenden beschriebenen Anordnung der Wechselräder wurden in neuerer Zeit verschiedene andere Konstruktionen zu dem Zwecke eingeführt, leicht und rasch von einem Umsetzungsverhältnisse zu einem andern übergehen zu können, was insbesonders dann von praktischem Werte ist, wenn auf dasselbe Arbeitsstück verschiedene Gewinde gemeinsamer Achse zu schneiden sind. Vor Allem ist es Norton's Drehbank, welche diese Aufgabe zuerst in trefflicher Weise löste und daher kurz besprochen werden soll.

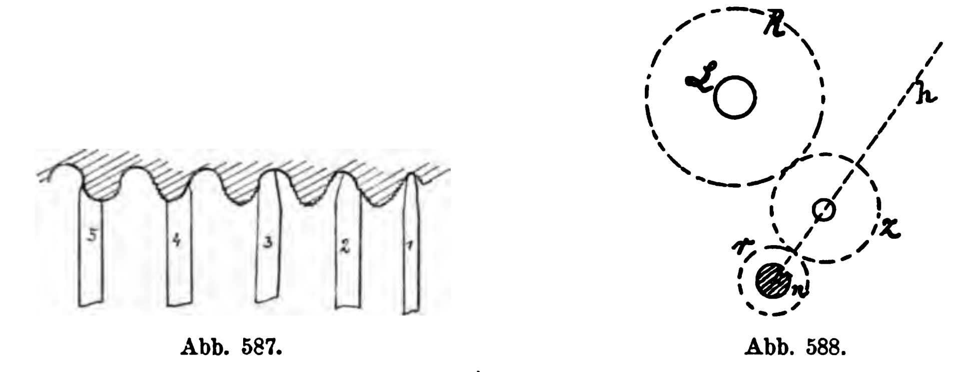


Abb. 587. Abb. 588.

Norton's Drehbank besitzt auf der Leitspindel 12 Satzräder, einem Stufenkegel ähnlich angeordnet. Zur Leitspindel parallel liegt eine Nutwelle *n*, Abb. 588, welche von der Drehbankspindel durch Zahnräder angetrieben wird und ein zweites Zahnrad *r* trägt, welches entlang dieser Welle verschoben werden kann. Von diesem Rade *r* wird die rotierende Bewegung durch ein Zwischenrad *z* auf eines der Satzräder der Leitspindel übertragen. Das Zwischenrad *r* läuft lose auf einem Bolzen an dem Handhebel *h*. Der Hebel *h* läßt sich um die Nutwelle *n* drehen, indem er gegabelt die Nabe des an der Welle sitzenden Zahnrades *r* umgreift. Durch Betätigung des Hebels kann das Rad *r* längs der Nutwelle *n* verschoben und das Zwischenrad *z* in eines der Satzräder *R* an der Leitspindel eingerückt werden. Ist dies geschehen, so wird der Handhebel durch einen Federstift in einem der Löcher einer festen Platte gehalten und dadurch der Eingriff der Räder *r*, *z* und *R* gesichert. Wechselräder gestatten das Tourenzahlenverhältnis der Drehbankspindel und Nutwelle dreifach zu ändern, so daß Schrauben mit 36 verschiedenen Steigungen geschnitten werden können; zwölf verschiedene Ganghöhen lassen sich durch bloße Verstellung des Handhebels erzielen.

Norton's Drehbank weist noch andere, vorteilhafte Einzelheiten auf und hat sich auch in Österreich, insbesondere durch die Tätigkeit von Schuchart & Schütte vielfach eingeführt.

(Vgl. Zeitschr. des Ver. f. Gewerbefleiß 1894, S. 237, und Pregel, Drehbänke, S. 119.)

Drehen elliptischer Formen, *Ovaldrehen* genannt, findet unter Anwendung des *Ovalwerkes* statt. Dasselbe besteht aus zwei Hauptteilen, einer auf der Drehbankspindel aufzuschraubenden Scheibe E, Abb. 589 I bis III, und einem mit der Docke D des Spindelstockes verbundenen Ringe R, Abb. 590. Letzterer kann durch die Schraube s exzentrisch zur Drehbankspindel S gestellt werden. Auf der Scheibe E ist ein Schieber m, welcher mit den Backen b (an der Rückseite der Scheibe befindlich) verbunden und zwischen Führungen f verschiebbar ist. Die Backen b tangieren den früher erwähnten, *exzentrisch* gestellten Ring und bewirken, daß bei der Rotation der Drehbankspindel und der damit

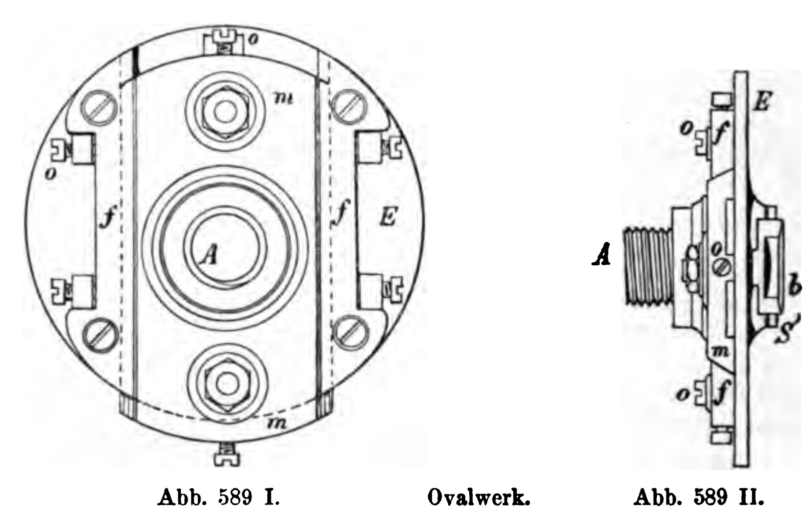


Abb. 589 I. Ovalwerk. Abb. 589 II.

verbundenen Scheibe E der Schieber m außer der rotierenden Bewegung auch eine geradlinige Bewegung zwischen seinen Führungen zu machen gezwungen ist. Nachdem nun das Arbeitsstück oder das dasselbe tragende Futter auf der Schraube A aufgeschraubt, also mit dem Schieber fest verbunden wird, so ist auch das Arbeitsstück zu der doppelten Bewegung des Schiebers gezwungen, d. h. es rotiert und verschiebt sich mit ihm.

Ist mit dem Support der Drehbank ein Drehstahl verbunden und wird derselbe senkrecht gegen die Achse des Arbeitsstückes bewegt und zu allmählichem Angriff gebracht, so nimmt er anfänglich Material nur von jenen Stellen des Arbeitsstückes weg, welche durch die Verbindung der geradlinigen und rotierenden Bewegung dem Stichel ausgesetzt werden. Bei allmählichem Vorschub des Drehstahles aber wird endlich die Linie, welche jeder Punkt des Stahles ausbildet, zur geschlossenen Ellipse.

Hat das Arbeitsstück die Form einer Scheibe und nähert man den Stichel senkrecht zu ihrer Stirnfläche, so schneidet derselbe in diese Fläche sogleich eine geschlossene Ellipse ein.

Bevor wir zur mathematischen Begründung dieser Wirkungsweise übergehen, sei noch bemerkt, daß die Schräubchen *o*, *o* (Abb. 589) Rektifikationsschräubchen sind, durch welche das exakte Stellen der Führungen *f*, beziehungsweise der Backen *b* möglich wird und daß bei *S'* ein Muttergewinde eingeschnitten ist, welches zum Gewinde der Drehbankspindel *S* Abb. 590 paßt. Endlich sei erwähnt, daß unsere Abb. 590 in kleinerem Maßstabe gezeichnet ist als die übrigen Abbildungen.

Zum Zwecke der theoretischen Klarlegung der Wirkungsweise des Ovalwerkes sei in Abb. 591 *M M'* die Mittellinie des Schiebers, *b b'* seien die den Ring *R* tangierenden Backen, *S* bezeichne die Achse der Drehbankspindel, *O* den Mittelpunkt des Ringes, *s* die Spitze des Stichels. *s* ist somit bei der gezeichneten Stellung des Schiebers zugleich Punkt der zu

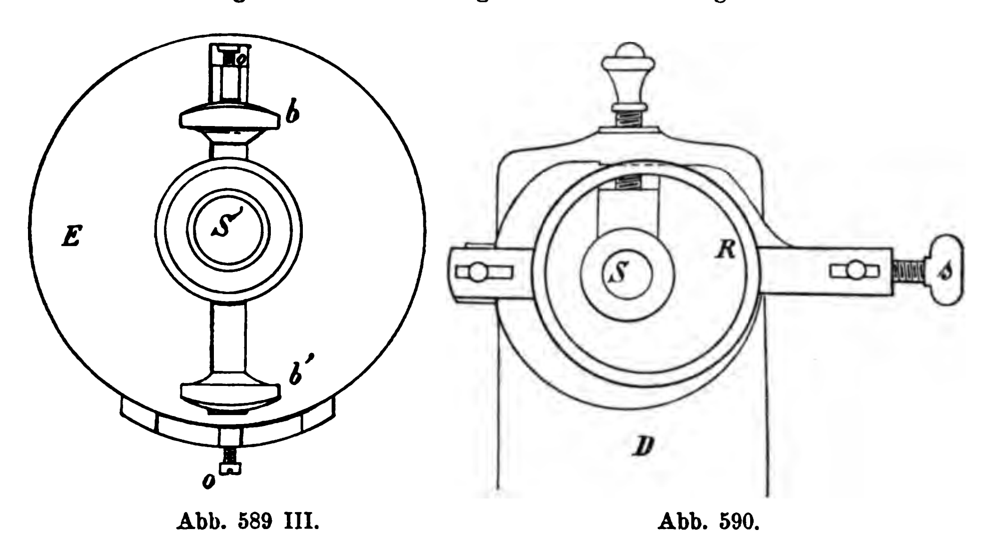


Abb. 589 III. Abb. 590.

bestimmenden Kurve, und wählen wir *M M'* als Abszissenachse, da diese in bezug auf die Kurve als bestimmte Fixlinie zu betrachten ist, so wird *s P* zur Ordinate und *P O'* zur Abszisse des Punktes *s* der Kurve. Noch sei bemerkt, daß *O'* als Mittelpunkt des Schiebers sich zwar in einer Kreislinie[1]) vom Durchmesser *S O* bewegt, daß dieser Punkt in bezug auf das Arbeitsstück oder als Fixpunkt zu betrachten ist und daher Punkt *O'* zweckmäßig den Ursprung des Koordinatensystems darstellt. Bezeichnen wir ferner $s S = d$, $S O = e$, $s P = y$, $P O' = x$ u. $\sphericalangle\, s S P = \varphi$, so erhalten wir

$$y = d \sin \varphi \text{ oder } y^2 = d^2 \sin^2 \varphi \text{ oder } \frac{y^2}{d^2} = \sin^2 \varphi \text{ und}$$

$$x = (d + e) \cos \varphi \text{ oder } x^2 = (d + e)^2 \cos^2 \varphi \text{ oder } \frac{x^2}{d + e^2} = \cos^2 \varphi$$

[1]) Der Mittelpunkt des Schiebers durchläuft den Kreis über *S O* während einer Umdrehung der Drehbankspindel zweimal.

letztere beiden Gleichungen addiert und sodann transformiert geben die Mittelpunktsgleichung der Ellipse:

$$d^2 x^2 + (d + e)^2 y^2 = d^2 (d + e)^2;$$

dieselbe geht für $d = -\frac{e}{2}$ in die Kreisgleichung vom Radius $r = \frac{e}{2}$ und für $d = o$ in die Gleichung einer Geraden von der Länge $2e$ über. Verändert man die Werte von d, so erhält man ein System äquidistanter Ellipsen.

Wäre statt der den Kreis R tangierenden Backen mit dem Schieber ein Zapfen verbunden, welcher gezwungen würde, in einer exzentrisch gestellten kreisförmigen Nut sich zu bewegen, dann erhielte man statt der Ellipsen Kurven höherer Ordnung, welche der Eilinie nahe stehen.

Da die Backen den exzentrisch gestellten Ring nur je an einer kurzen,

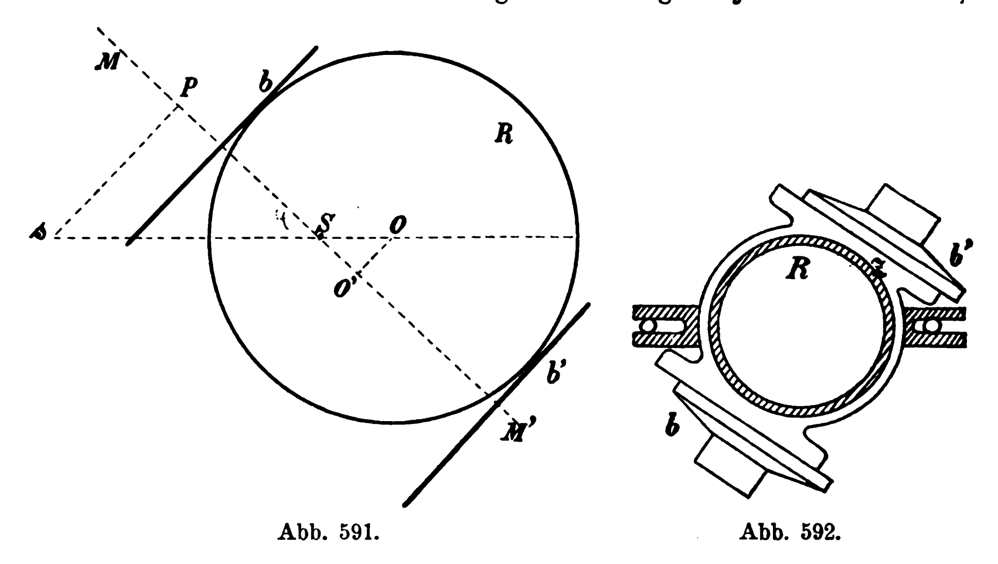


Abb. 591. Abb. 592.

der Höhe des Ringes entsprechenden Geraden tangieren und es bei großen Kraftwirkungen wünschenswert sein könnte, die Linienreibung in Flächenreibung umzuwandeln, so hat Arzberger über den Ring R einen zweiten Ring Z geschoben, welcher mit längeren Flächen an die Backen bb' sich anlegt, wie das Abb. 592 versinnlicht. Zur exakten Wirkung dieser Konstruktion ist es erforderlich, jedes Spiel zwischen R und Z beseitigen zu können. Weitere Mitteilungen über das Ovalwerk finden sich in Karmarsch-Heeren's Techn. Wörterbuche, Bd. 6, S. 451.

Unrund- und Passigdrehen.

Durchläuft ein Punkt der Werkzeugschneide während einer Umdrehung des Arbeitsstückes relativ auf diesem weder einen Kreis, noch eine Ellipse, noch eine Schraubenlinie, sondern irgendeine andere geschlossene Kurve, z. B. eine geschlossene Wellenlinie, so spricht man von Unrund- oder Passigdrehen.

Die diesbezüglichen Drehbänke, Passigbänke, Universalbänke genannt, beruhen auf verschiedenen Prinzipien.

A. Der Spindelstock kann um eine Achse schwingen, welche unterhalb der Drehbankspindel parallel zu derselben liegt. Die Schwingungen werden dadurch bewirkt, daß mit der Spindel *S* eine Schablone *s* rotiert, welche durch eine Feder oder durch ein Gewicht an ein fix gelagertes Röllchen *r*, Abb. 593, gepreßt wird. Den wechselnden Halbmessern der Schablone entsprechend ändert sich der Abstand der Spindel von dem Röllchen, die Rotationsachse des Arbeitsstückes macht Schwingungen, sie nähert und entfernt sich demnach von einem festgehaltenen Werkzeuge und dieses muß auf das Arbeitsstück derart einwirken, daß die Querschnitte desselben eine von der Form der Schablone abhängige Gestalt annehmen.

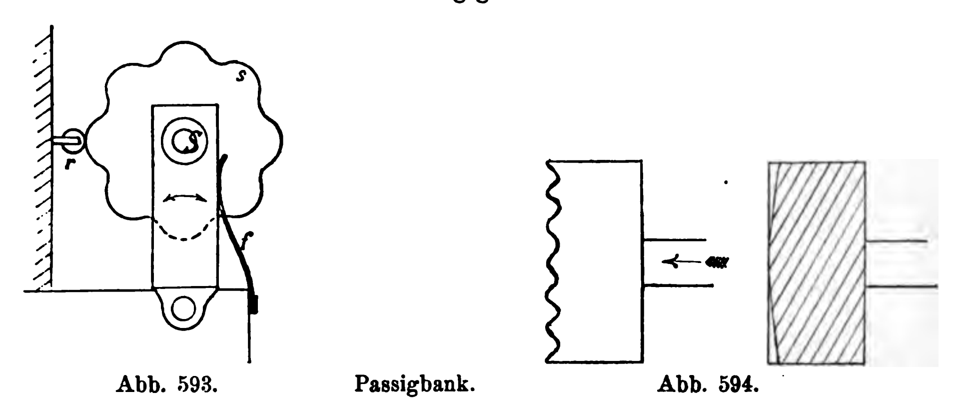


Abb. 593. Passigbank. Abb. 594.

B. In einem fixen Spindelstocke ist die Drehbankspindel so gelagert, daß sie Längsverschiebungen, ähnlich der Spindel der S. 437 besprochenen Patronendrehbank, erhalten kann. Am hinteren Ende der Spindel ist zu diesem Zwecke eine Schablone angebracht, wie Abb. 594 eine solche darstellt. Diese Schablone wird durch eine Feder gegen eine kleine Rolle gedrückt, deren Achse festgestellt ist und die Spindel macht infolgedessen Längsschwingungen. Da die Wellen der Schablone strahlenförmig gegen außen an Tiefe zunehmen, so kann je nach der Stellung des Röllchens die Schwingungsweite eine größere oder kleinere werden.

C. Passigbank mit schwingendem Support. Es rotiert das Arbeitsstück um eine fixe Achse, das Werkzeug aber erhält bei jeder Umdrehung des Werkstückes eine ganze Zahl von Schwingungen senkrecht zur Rotationsachse dadurch, daß der obere Teil des Supports abwechselnd gegen die Spindel und von ihr bewegt wird. Es wird der Querschnitt des Arbeitsstückes Formen aufweisen, welche von der Zahl und Art der Schwingungen des Supportes abhängen.

Die Schwingungen des oberen Teiles des Supportes, beziehungsweise der Quersupportplatte, können in verschiedener Weise bewirkt werden.

a) Man kann mit der Drehbankspindel eine Schablone wie in Abb. 593 verbinden, dieselbe auf einen Arm oder Hebel wirken lassen und mit der

zur Spindel parallelen Achse des Hebels einen zweiten Arm oder Hebel verbinden, welcher durch eine Zugstange auf den Support wirkt.

b) Man leitet die rotierende Bewegung von der Drehbankspindel auf eine tiefer liegende Welle und von dieser auf ein Exzenter, welches auf eine Umdrehung der Drehbankspindel so viele Umdrehungen erhält, als das Arbeitsstück Wellen erlangen soll. Das Exzenter wirkt auf den oberen Teil des Supports so ein, daß er der Drehbankspindel abwechselnd genähert und von ihr entfernt wird.

Die Exzentrizität entspricht der Wellenhöhe und es muß die Größe der Exzentrizität sich leicht verändern lassen, je nachdem höhere oder niedrigere Wellen erzielt werden sollen. Passigbänke dieser Art wurden durch die Maschinenfabrik G r a f e n s t a d e n eingeführt.

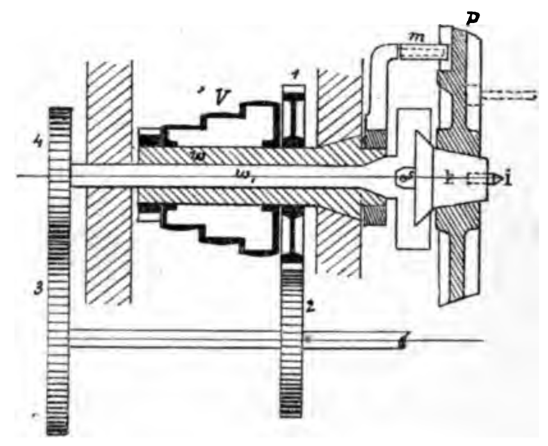


Abb. 595. Schema der Universal-Drehbank von Koch und Müller.

c) Statt eines Exzenters kann auch eine Scheibe angewendet werden, deren Umfläche e i n e m Gange einer Spirale entspricht, wodurch man Wellen besonderer Art (siehe später bei Fräsen) erhalten kann. Masch.-Fabr. R e i n e c k e r in Chemnitz.

D. Das Werkstück rotiert um seine Achse, zugleich durchläuft diese Achse n mal die Fläche eines Kreiszylinders. Durch diese zusammengesetzte Bewegung wird sich die Oberfläche des Werkstückes n mal dem Werkzeuge nähern und von ihm entfernen, es werden daher auch auf diesem Wege n Wellen gebildet.

Die Wellen werden symmetrisch gestaltet und von gleicher Größe sein, wenn beide Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit erfolgen, die Wellen werden unsymmetrisch, beziehungsweise von ungleicher Größe, wenn dies nicht der Fall ist.

Man erhält hypozyklische)⌣(oder perizyklische (◯) Kurven, je nachdem beide Drehbewegungen in demselben oder im entgegengesetzten Sinne erfolgen.

Die vorstehende Abb. 595 deutet die wesentlichsten Teile des Spindel-

stockes der Universaldrehbank von Rich. Koch und Herm. Müller (Engl. Patent, 1874, Nr. 3978) an. Es sind zwei Wellen *w* und *w'* ineinander geschaltet, *w'* trägt den Versetzkopf *k*, welcher durch eine Schraube *s* (oder durch andere Mittel) exzentrisch eingestellt werden kann. Die Achse von *k*, der mit *k* verbundenen Planscheibe *P* und des entweder mit *P* oder *i* verbundenen Werkstückes durchläuft eine Zylinderfläche von einem Radius gleich der exzentrischen Verstellung des Versetzkopfes *k*. Wird das Werkstück zwischen Spitzen abgedreht, so ist statt des gewöhnlichen Reitstockes ein Triebstock ähnlicher Einrichtung mit Hohl- und Vollwelle *w w'* in Anwendung.

Während die Achse des Werkstückes eine Zylinderfläche durchläuft, dreht sich das Werkstück durch die Wirkung des Mitnehmers *m* um seine Achse und beträgt die Tourenzahl von *w* und *P* den *n*ten Teil der Tourenzahl von *w'* und *k*, wodurch das Arbeitsstück *n* Wellen erhält. Wäre der Mitnehmer, wie es die Zeichnung darstellt, mit einem an *w* festen Arm verbunden, so würde infolge der exzentrischen Stellung von *k* und des radialen Schlitzes, in welchen die Mitnehmerwelle eingreift, die Drehung der Planscheibe eine ungleichmäßige sein. Soll diese Drehung mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolgen, so muß der Mitnehmerarm mit einem Gleitstücke verbunden sein, welches eine zur Mittellinie des Armes senkrechte Verschiebung zuläßt. Die Richtung dieser Verschiebung steht dann auch senkrecht auf der Richtung der Nut bei *m* und durch die so gebildete rechtwinklige Kreuzschleife[1]) wird die Drehung von *P* gleichförmig.

Durch Veränderung der Wechselräder 1 bis 4 kann das Verhältnis der Tourenzahlen von *w w'* und durch Einschaltung eines Zwischenrades die Drehungsrichtung geändert werden.

E) Eine spezielle Aufgabe des Unrunddrehens ist die Herstellung hinterdrehter Fräsen. Es stehen hierfür spezielle Vorrichtungen in Gebrauch, welche zwar hier einzureihen wären, deren Besprechung jedoch erst später (siehe Fräsen) erfolgen wird, wenn wir die hinterdrehten Fräsen kennen gelernt haben.

Das Guillochieren und das Räderschneiden auf der Drehbank.

Manche Drehbänke, insbesondere die für Feinmechaniker und Graveure sind mit einer Guillochierscheibe (Erfinder Guillot), andere mit einer Teilscheibe ausgestattet.

Die Guillochierscheibe ist eine auf die Drehbankspindel aufzuschraubende Scheibe, in welcher ein radial verschiebbarer Schieber Führung besitzt. Die Verstellung des Schiebers erfolgt durch eine in die Schiebermittellinie gelegte Stellschraube. Auf dem Schieber ist eine Mutterscheibe derart befestigt, daß sie um den Mittelpunkt des Schiebers gedreht werden kann. Die Mutterscheibe trägt einen Zapfen, auf welchen ein Schraubengewinde zur Feststellung der Futter geschnitten ist.

[1]) Vgl. Ledebur, Mech. Techn. d. Metalle, S. 656; Reuleaux, Kinematik, S. 315, Rotierende Kreuzschleife.

Hat man auf dieser Schraube Futter und Arbeitsstück aufgesetzt, so kann die geometrische Achse beider durch Verstellung des Schiebers exzentrisch zur Drehbankspindel gestellt werden. Nähert man der Stirnfläche des Arbeitsstückes einen Spitzstahl, während die Spindel läuft, so wird ein Kreis eingeschnitten, dessen Halbmesser gleich ist dem Abstande der Werkzeugspitze von der Spindelachse; dieser Kreis wird aber exzentrisch zur geometrischen Achse (Mitte) des Werkstückes liegen, und zwar so viel als der Schieber aus der Mittellage gebracht war. Verdreht man nun die Mutterscheibe um einen bestimmten Winkel und läßt das Werkzeug wie früher wirken, so erhält man einen zweiten Kreis von gleichem Durchmesser, derselben Exzentrizität, aber um den Drehungswinkel versetzt.

In dieser Weise kann man ein System von Kreisen gleichartiger Lage einschneiden. Verändert man hierauf die Exzentrizität durch weitere Verschiebung des Schiebers, so kann man ein zweites System von Kreisen erhalten. Man erhält auf diesem Wege Figuren aus vielen Kreisen regelmäßiger Anordnung gebildet, wie solche häufig die Gehäuse der Taschenuhren verzieren.

Verbände man die Guillochierscheibe mit dem Ovalwerk oder einer Passigbank, so ließen sich Figuren erhalten, welche aus Ellipsen oder aus Wellenkreisen zusammengesetzt sind.

Die Teilscheibe ist eine auf die Drehbankspindel aufgesetzte Scheibe, deren Stirnfläche konzentrische Kreise aufweist, in welchen konische Grübchen eingebohrt sind, welche die einzelnen Kreise nach verschiedenen ganzen Zahlen (30, 35, 40 . . . 100 usw.) teilen.

In diese Teilpunkte kann die konische Spitze eines auf dem Spindelstocke oder dem Drehbankbette drehbar befestigten, federnden Armes (Alhidade) eingesetzt werden. Ist die Alhidadenspitze in eines der Grübchen der Teilscheibe gesetzt und der Alhidadenarm festgestellt, so ist die Teilscheibe und mit ihr Drehbankspindel und Arbeitsstück in einer bestimmten Lage festgestellt. Man kann nun ein Werkzeug — Fräse, Bohrer o. dgl. — dessen Stellung eine bestimmte ist, auf das Arbeitsstück einwirken lassen, wodurch z. B. eine Zahnlücke in den Umfang, oder ein Loch in die Stirnfläche einer Scheibe eingeschnitten, beziehungsweise gebohrt werden kann. Hebt man hierauf die Alhidade, dreht die Teilscheibe bis zum nächsten Teilpunkte, welcher dann wieder durch die Alhidade fixiert wird, so kann man eine zweite Lücke fräsen, ein zweites Loch bohren usw. Mithin ist es möglich, durch eine mit der Drehbank zu verbindende Fräs- oder Bohrvorrichtung und Zuhilfenahme der Teilscheibe kleine Räder zu fräsen oder in Scheiben Löcher zu bohren, welche in gleicher Entfernung von der Mitte des Werkstückes liegen und auch voneinander einen bestimmten gleichen Abstand besitzen. In diesen Fällen arbeitet die Drehbank jedoch nicht eigentlich als solche, es ist vielmehr der Spindelstock zum Teilkopf (einer Räderfräse usw.) geworden.

Drehbänke für besondere Zwecke.

Für die rasche Herstellung zahlreicher gleicher, kleiner Metallgegenstände, welche der Bearbeitung durch mehrere nacheinander anzuwendende Drehwerkzeuge — z. B. Schropstahl, Schlichtstahl, Fassonstahl, Bohrer, Abstechstahl — bedürfen, verwendet man mit großem Vorteile die Revolverdrehbänke, (Pregel nennt sie Sticheltnrmdrehbänke).

Die Werkzeuge sind in einem Drehkopfe befestigt, welcher gewöhnlich sechs verschiedene Stellungen, entsprechend den sechs zum Gebrauche eingestellten Werkzeugen, einnehmen kann. Der Drehungswinkel des Werkzeugkopfes beträgt in diesem Falle 60°. Die Achse des Messerkopfes ist zumeist in einem zur Achse der Drehbankspindel parallel geführten Schlitten gelagert und kann der Schlitten durch einen Hebel verschoben werden. Bei dieser Verschiebung erfolgt, wenn der Messerkopf vom Arbeitsstück abgezogen ist, die Verdrehung. Hierdurch gelangt ein folgendes Werkzeug in die richtige Stellung und wird dasselbe durch allmählichen Linksschub des Schlittens zur Wirkung gebracht. Manche Revolverdrehbänke gestatten auch eine zur Drehbankspindel senkrechte Bewegung des Messerkopfes, bei anderen ist ein besonderer senkrecht zur Spindel beweglicher Schlitten vorhanden, welcher gewöhnlich den Abstechstahl trägt.

Die Drehbankspindel der Revolverbänke besitzt in der Regel eine zentrale Bohrung, durch welche die zu kleinen Stücken zu verarbeitende Stange (Rundeisen, Messingstange) gesteckt und in einem Zentrierfutter geklemmt wird. Der aus dem Futter vorragende Teil der Stange hat die Länge des herzustellenden Arbeitsstückes mehr jener Länge, welche das Abstechen verlangt.

Unter den für kleine Metallarbeiten vorzüglich geeigneten Drehbänken sind die Konstruktionen von Pitlers (Maschinenfabrik in Leipzig-Gohlis) hervorzuheben (Mitteilungen des technologischen Gewerbemuseums, Jahrgang 1895, S. 156).

Von den sogenannten Horizontaldrehbänken, welche oft mit Fräsvorrichtungen verbunden sind, wird bei den Fräsmaschinen gesprochen werden, auch wurden sie S. 436 bereits erwähnt.

Zu den Spezial- oder Sonderdrehbänken gehören auch die Räderdrehbänke und die Geschützdrehbänke. Die ersteren dienen in den Waggon- und Lokomotivfabriken zum Abdrehen der Radkränze und nach dem Aufziehen der Radreifen, Tyres oder Bandagen, auch zum Abdrehen dieser. Diese Drehbänke haben Ähnlichkeit mit Plandrehbänken, sind jedoch mit zwei Supporten ausgestattet, um beide Räder eines Radpaares gleichzeitig abdrehen zu können.

Die Geschützdrehbänke sind zum Teil mit einer besonderen Bohrvorrichtung, welche an Stelle des Reitstockes treten kann, zum Ausbohren des Rohres versehen.

Das Drücken auf der Drehbank.

Als eine besondere Arbeit sei zum Schlusse das Drücken auf der Drehbank (Metalldrücken[1]) besprochen, eine Arbeit, welche verwandt mit dem Stanzen ist und die wir dort nur deshalb nicht besprachen, weil sie die Drehbank als Hilfsmittel benötigt. Das Drücken setzt voraus, daß die hergestellte Tiefware die Form eines Rotationskörpers aufweise. Eine Abweichung von dieser Bedingung findet bei Anwendung des Ovalwerkes, d. i. beim Ovaldrücken statt. In diesem Falle sind alle Schnitte senkrecht auf der Drehungsachse Ellipsen (von gleicher Exzentrizität), während sie sonst Kreise sind.

Das Drücken besteht darin, daß man eine Blechscheibe durch entsprechenden Druck mit einem oder auch zwei Werkzeugen, während sie

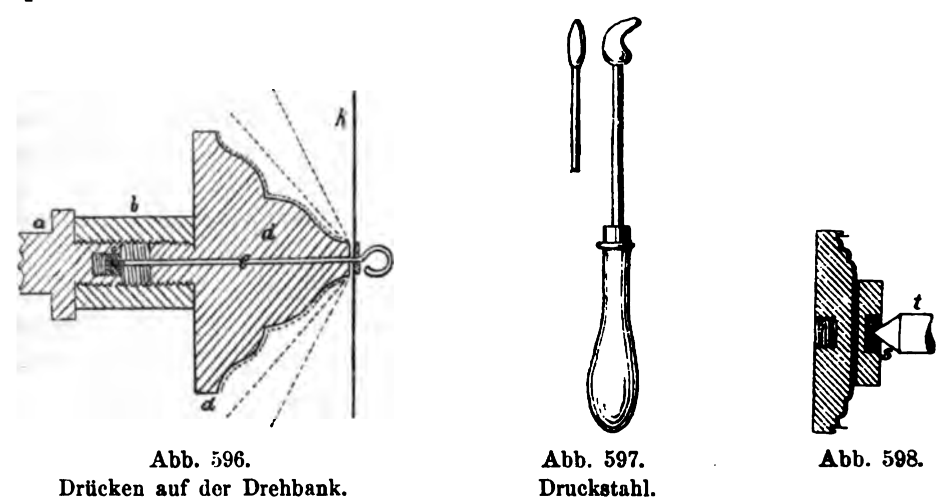


Abb. 596. Drücken auf der Drehbank.

Abb. 597. Druckstahl.

Abb. 598.

rasch rotiert, über ein gleichzeitig mit ihr sich drehendes Futter (Holzmodel) drückt. Man fährt mit dem glatten Druckstahl langsam vom Zentrum gegen die Peripherie und zurück und schiebt so gleichsam Wellen des Materials vor dem Druckstahl her und preßt dasselbe an das Futter.

Die vorstehende Skizze, Abb. 596, dürfte zur Erklärung genügen. *a* stellt das vordere Ende der Drehbankspindel, *b* eine aufgeschraubte messingene Hülse vor; Teil *c* ist zum Anziehen des Vorsetzstiftes vorhanden, für dessen Schraube er das Muttergewinde enthält; *d* ist das Futter, über welches die anfänglich ebene, kreisrunde Blechscheibe aufgezogen werden soll, es ist meist aus Weißbuchenholz; *e* ist endlich der Vorsteckstift, welcher mit seinem Ende in *c* eingeschraubt und dadurch angezogen wird. Der zum Drücken verwendete Stahl, ein Polierstahl mit durchaus abgerundeten Kanten, hat mannigfache Gestalt; eine oft gebrauchte Form zeigt Abb. 597. Um das nahe am Umfange der Blechscheibe besonders leicht eintretende

[1]) Als vorzügliche Schrift mit genauen bildlichen Darstellungen ist zu nennen: Das Metalldrücken von Seb. Teyschl und Heinr. Zoff. Wien, Hartleben.

Faltenwerfen zu verhindern, wird ein zweiter Druckstahl von der Rückseite des Bleches entsprechend entgegen gehalten, bis man auch den Rand des Bleches dem Futter so nahe gebracht hat, daß das völlige Andrücken mit dem ersten Stahle allein geschehen kann.

Wie beim Stanzen hintereinander mehrere Stanzen zur Anwendung kommen, so kann man auch hier mehrere Futter verwenden, bis die Schlußform erreicht ist, und zur Förderung der Dehnbarkeit auch dazwischen das Ausglühen anwenden. So ist es möglich, zylindrische Röhren aus einer Kreisscheibe durch allmählich, immer mehr der Zylinderform sich nähernde konische Futter herzustellen. Das letzte Futter hat dann die Gestalt eines Zylinders.

Für die Herstellung von Gegenständen, bei welchen das durch den Vorsteckstift *e* bedingte Loch nicht vorhanden sein darf, verwendet man eine Vorsetzplatte, welche durch den Reitnagel angedrückt wird, Abb. 598; oder man befestigt auch das Blech an dem Umfange des Futters, indem man den vorstehenden Rand desselben in eine am Umfange befindliche Nut drückt, hierauf die provisorische Vorsetzplatte entfernt und nun das Blech in das Innere des hohlen Futters eindrückt.

Beim Ovaldrücken kann letzteres Mittel nicht angewendet werden, weil das Futter durch das Ovalwerk eine kombinierte Bewegung erhält. In diesem Falle bringt man, falls ein Vorsteckstift nicht gebraucht werden darf, am Reitnagel eine Eisenscheibe an, deren Endfläche senkrecht auf der Drehbankspindel steht, bringt zwischen diese Scheibe und das am Futter zu haltende Blech eine Kugel aus Bronze und drückt durch diese, indem man den Reitnagel dem Spindelstock nähert, die Blechscheibe an. Bei der Arbeit durchläuft die Kugel, welche möglichst genau in der Richtung der Achse der Drehbankspindel einzustellen ist, einen Kreis vom Durchmesser der Exzentrizität.

11. Das Hobeln.

Zur Anarbeitung ebener, zuweilen jedoch auch krummer, insbesondere zylindrischer Flächen, bedient man sich des Hobelns. (Vgl S. 398 und 399).

Bei der Holzbearbeitung findet das Hobeln häufig mittels Handwerkzeugen — Hobel — von Hand aus statt, für die Metallbearbeitung, von weichen Metallen abgesehen, verwendet man jedoch zumeist Maschinen; obwohl auch Holz sehr häufig durch Hobelmaschinen mit großer Zeitersparnis bearbeitet wird.

Die nachstehenden Abb. 599 und 600 zeigen zwei Hobelformen, welche von dem Tischler sehr häufig gebraucht werden und sowohl in der Gestaltung des Hobeleisens als des Hobelkastens wesentlich verschieden sind.

Je nachdem die Schneide gekrümmt, gerade oder fein gezahnt ist, benennt man den Hobel von der Form Abb. 599 Schrop-, Schlicht- oder Zahnhobel. Der Schrophobel wird zum Vorhobeln (Schropen) auf weiches Holz, der Zahnhobel zu gleichem Zwecke auf hartes Holz angewendet; letzterer

zuweilen auch dazu, aneinander zu leimende Holzflächen, z. B. Fourniere, etwas zu rauhen.

Der Schlichthobel dient zum ebenhobeln, schlichten.

Der Winkel, unter welchem das Hobeleisen im Kasten gestellt ist, wird beim Schrop- und Zahnhobel etwas größer gewählt als beim Schlichthobel.

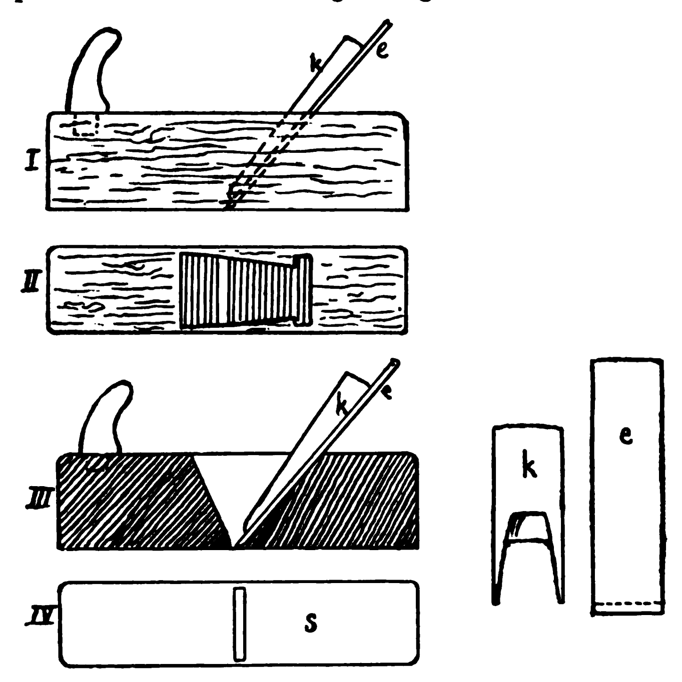


Abb. 599. Schlichthobel, *k* Keil, *e* Eisen, *s* Sohle.

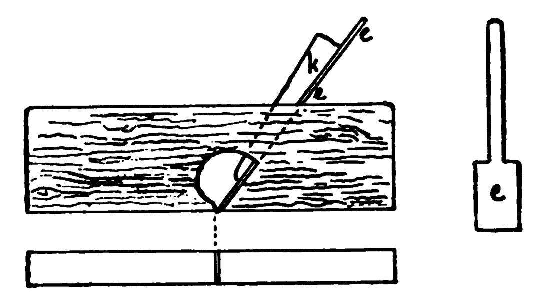


Abb. 600. Gerader Simshobel.

Die Breite des Hobeleisens ist bei diesen Hobeln stets kleiner als die Breite des Hobelkastens. Die abgetrennten Späne treten nach oben aus dem Kasten.

Der Simshobel (Gesimshobel), Abb. 600, besitzt ein Eisen, dessen Schneide die ganze Hobelsohle durchquert. Die Späne finden seitlich ihren Austritt und der Hobelkasten umschließt den schmäleren oberen Teil des Eisens in einem viereckigen Loche, in welches auch ein Keil zur Feststellung des Hobeleisens eingetrieben wird.

Die Schneide des Hobeleisens kann senkrecht zur Längenrichtung des Hobelkastens stehen, gerader Simshobel, oder schräge, schiefer Simshobel; letzterer wird insbesondere dann verwendet, wenn die Hobelrichtung senkrecht zum Faserlaufe des Holzes läuft. (Vgl. S. 385, Abb. 452.)

Man kann den Hobelkasten mit einer seitlichen, über die Sohle vortretenden Leiste versehen, welche Anschlag heißt. Mittels zweier paralleler, am Hobelkasten fester Schrauben aus Holz, welche durch passende Löcher der Anschlagschiene gehen, läßt sich der Abstand des Anschlages durch Stellmuttern, welche beiderseits des Anschlages angebracht sind, verändern.

Bringt man eine Schiene an der Seitenwand des Hobels an, so vermag der Hobel nicht tiefer in das Holz einzudringen, als dem Abstande der Hobelsohle von der unteren Fläche dieser Schiene entspricht. Diese Einrichtung nennt der Tischler „Auflauf", weil der Hobel schließlich auf dieser Schiene gleitet, aufläuft. Der Auflauf ist meist aus Eisen, parallel zur Sohle verstellbar.

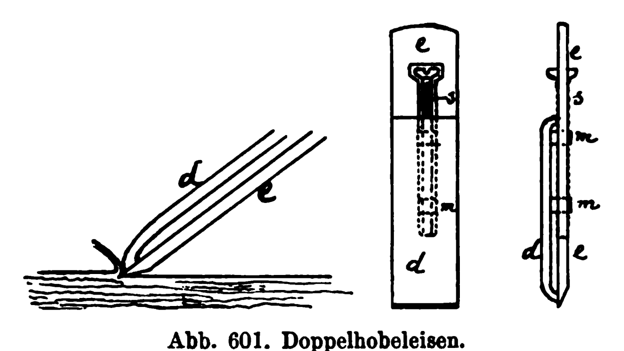


Abb. 601. Doppelhobeleisen.

Für die Herstellung von Falzen, wie z. B. jene kleine Absätze heißen, welche in Fensterrahmen zur Aufnahme des Glases angearbeitet sind, oder zur Herstellung sogenannter Grate, das sind unter spitzem Winkel angearbeitete Flächen, bedient man sich besonderer Formen des Simshobels, Falzhobel und Grathobel genannt.

Beim Hobeln harten Holzes kann das Hobeleisen leicht spaltend einwirken, d. h. der sich bildende Span reißt tiefer und entfernter liegende Faserbüschel mit aus, das Werkzeug wirkt vorreißend ein. Dieser Übelstand kann durch das Doppelhobeleisen beseitigt werden, denn die auf das Eisen gesetzte Deckplatte ist so geformt, daß der sich bildende Span stets unmittelbar vor dem Eisen geknickt wird, wodurch die spaltende Wirkung beseitigt ist, Abb. 601. Ein Hobel, in welchen ein solches Eisen eingesetzt ist, heißt Doppelhobel.

Zur genauen Einstellung der Deckplatte d Abb. 601 dient die Schraube s, welche in einem Ansatz von d ihre Mutter m findet.

Das Hobeleisen darf stets nur wenig über die Sohle vorstehen, nur so viel, als die Spandicke (etwa $^1/_5$ *mm*) erheischt. Die Einstellung erfolgt durch leichte Hammerschläge, welche man oben auf das Eisen wirken läßt. Um das

Eisen zu lockern, schlägt man kräftig gegen die Rückwand des Hobels, es lüftet sich hierdurch die Keilverbindung.

Ist das Eisen richtig eingestellt, so wird es durch den Druck der Hände, welche den Hobel führen, um die Spandicke in das Holz eingedrückt. Bei der Führung des Hobels wirkt die linke Hand vorwaltend drückend, die rechte mehr schiebend. Nur durch lange Übung vermag man den Hobel wirklich geradlinig und horizontal zu führen. Der Laie wird stets konvex hobeln, weil er bei Beginn und am Ende einen dickeren Span nimmt; die Spandicke beim Beginne, wo das Eisen gegen die Endfläche des Werkstückes stößt, ist gleich der Tiefe der Schneide unter der Sohle und sie nimmt rasch ab, wenn der Andruck zu gering ist; die Spandicke am hinteren Ende des Werkstückes ist wieder aus dem Grunde gewöhnlich größer, weil der Hobel bereits vorragt und durch den Druck der linken Hand die Neigung hat, gegen abwärts über den Rand des Werkstückes abzugleiten. Richtige, zwangläufige Führung setzt einen geübten Arbeiter voraus.

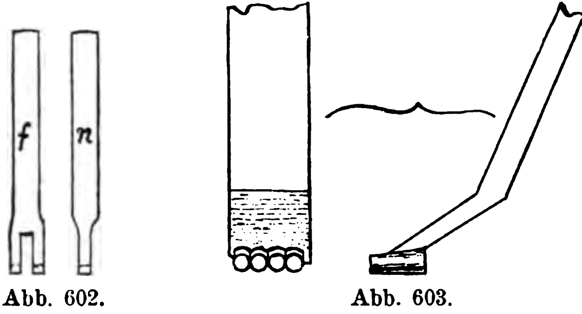


Abb. 602. Feder- und Nuthobeleisen.

Abb. 603. Zündhölzchenhobeleisen.

Genau eben hobeln wird durch größere Länge des Hobelkastens erleichtert und besitzt die sogenannte **Rauhbank** eine Länge von 600 bis 700 *mm*, die **Fugebank** eine Länge von etwa 900 *mm*. Das Eisen kann ein einfaches Schlichteisen oder ein Doppelhobeleisen sein.

Um **Feder** und **Nut** () zu hobeln, bedient man sich des **Feder-** und des **Nuthobels**, deren Messer Abb. 602 dem wegzunehmenden Holze entsprechen. Die Sohle dieser Hobel muß der Form der Messer entsprechen, beziehungsweise als Gegenform des herzustellenden Stückes gebildet sein. Die Hobel sind häufig mit stellbarem Anschlag und Auflauf versehen, um die richtige Entfernung der Nut, oder der Feder und die richtige Tiefe einstellen zu können. Sie gehören in die Klasse der Simshobel.

Zum Zwecke der Bearbeitung krummer meist zylindrischer Flächen bedient man sich der sogenannten **Schiffhobel**. Die Sohle dieser Hobel ist in der Längenrichtung konvex oder konkav gekrümmt, der Hobel bewegt sich in einem Kreisbogen. Um verschiedene Krümmungen mit demselben Hobel bearbeiten zu können, sind Hobel eingeführt worden, deren Sohle aus einem biegsamen Stahlblatte besteht, welches nach der geforderten Krümmung konvex oder konkav eingestellt werden kann. Das Blatt ist

dicht neben dem Hobeleisen an dem eisernen stark konvexen Kasten angeschraubt und beide Blattenden sind mit stellbaren Stücken verbunden.

Wird das Hobeleisen mit einer krummlinigen Schneide versehen und die Hobelsohle so ausgebildet, daß der Querschnitt durch den Hobelkasten an der Sohle dieselbe Kurve aufweist, so wird bei geradliniger Bewegung des Hobels eine Zylinderfläche gebildet, als deren Leitlinie die Schneide des Eisens zu betrachten ist.

Die Form der Schneide kann eine beliebige sein und lassen sich diese Hobel unter der Benennung Profil- oder Fassonhobel zusammenfassen.

Die wichtigsten und häufigsten Formen benennt der Tischler besonders. Eine im Querschnitt halbkreisförmige Wulst heißt Stab, Rundstab, der Hobel Stabhobel; eine halbkreis- oder segmentförmige Vertiefung heißt Hohlkehle, der Hobel Hohlkehlhobel usw.

Verschiedene Gewerbe — Böttcher, Wagner, Geigenmacher usw. usw. — benutzen, ihren Sonderzwecken entsprechend, besondere Hobel, deren Zahl eine sehr große ist.[1])

Es gibt auch Hobel, welche nicht die Aufgabe haben, bestimmte Flächen anzuarbeiten, sondern Späne bestimmter Form zu liefern.

Als ein hervorragendes Beispiel sei der Zündhölzchenhobel hervorgehoben, dessen Eisen aus mehreren dicht aneinander gereihten, zugeschärften Stahlröhrchen besteht.

Die vorstehende Abb. 603 zeigt das Hobeleisen in seinem unteren Teile in natürlicher Größe.

Die brauchbaren Späne — „Zündholzdrähte“ — treten nach rückwärts aus den Röhrchen, das geringe Zwischenholz bildet den Abfall.

Die Hobelkasten der besprochenen Hobel werden in Österreich aus Weißbuchenholz hergestellt, jene der im Werkzeughandel befindlichen amerikanischen Hobel sind aus schmiedbarem Eisengusse. Die amerikanischen Hobel unterscheiden sich insbesondere dadurch, daß das Hobeleisen eine feine Einstellung durch einen besonderen Mechanismus erhält und daß es nach dem Lösen einer Klemmung leicht aus dem Hobelkasten genommen werden kann. So vorzüglich diese Konstruktionen, insbesondere jene von Bayle auch sind, so haben sie doch die Handwerksgewohnheit in unseren Werkstätten nicht überwinden können und sind sehr selten anzutreffen.

Hobelmaschinen.

Die Hobelmaschinen für Metall sind prinzipiell von den Hobelmaschinen für Holz verschieden, nicht nur der sehr verschiedenen Arbeitsgeschwindigkeit wegen, welche bei Metall etwa 100 bis 300 *mm*, bei Holz hingegen 10 bis 20 *m* beträgt, sondern insbesondere deshalb, weil bei Metall die Arbeitsbewegung nach einer geraden Linie, bei der Holzbearbeitung nach

[1]) Die ausführlichsten Mitteilungen finden sich bei den Artikeln Böttcherei usw. in Prechtl's Technischer Enzyklopädie.

Kreislinien erfolgt. Bei allen Holzhobelmaschinen sind die Messer in einem rotierenden Messerkopfe eingespannt und die einzelnen Punkte der Schneiden durchlaufen Kreise.

Die zumeist gebräuchlichen Anordnungen der Metallhobelmaschinen wurden bereits früher besprochen und können wir dieselben als bekannt voraussetzen. (Vgl. S. 398 und 399.)

Hier ist hervorzuheben, daß der Arbeitsgang mit der Schnittgeschwindigkeit, der Leergang (Rückgang) mit größerer Geschwindigkeit erfolgt.

Die diesbezüglichen Mechanismen sind mannigfach. Bei den Hobelmaschinen mit beweglichem Tische wird der schnelle Rückgang zumeist von einem Antriebe abgeleitet, bei welchem sich drei Riemenscheiben nebeneinander angeordnet finden, zwei Vollscheiben und eine Leerscheibe.

Die Abb. 604 I und II stellen diesen Mechanismus schematisch dar, und zwar Abb. 604 I im Aufriß, Abb. 604 II im Grundriß. Die Riemen-

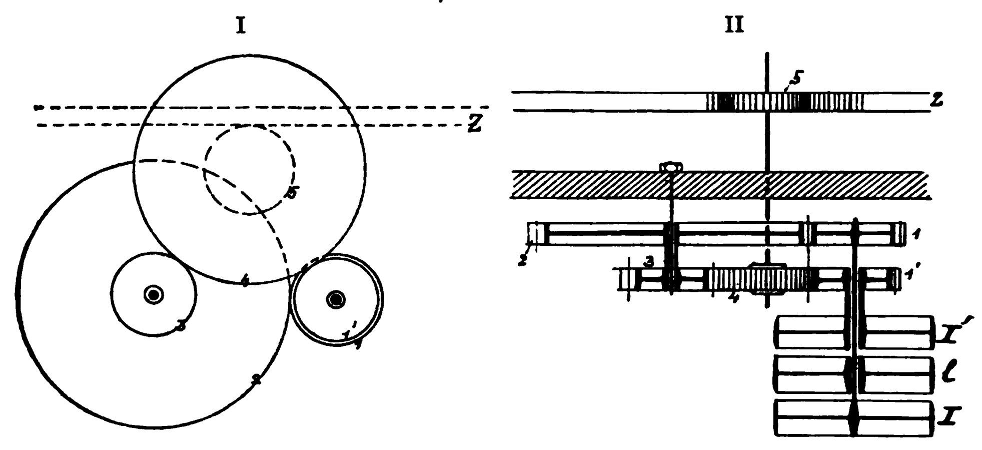


Abb. 604. Mechanismus für den schnellen Rückgang bei Hobelmaschinen mit beweglichem Tische.

scheibe *I* sitzt auf der Vollachse, die Riemenscheibe *I'* auf der Hohlachse, zwischen beiden befindet sich die Leerscheibe *l*. Der Treibriemen, nur ein Riemen, wird durch eine Riemengabel geführt, welche durch einen später zu besprechenden Mechanismus selbsttätig bewegt wird. Läuft der Riemen auf der Vollscheibe *I*, so geht die Bewegung vom Zahnrade *1* auf die Räder *2*, *3* und *4* über, an der Achse von *4* sitzt das in die Zahnstange *z* eingreifende Triebrad *5*. Die Zahnstange ist unten am Schlitten der Hobelmaschine befestigt und da die Achse der Räder *4* und *5* fix gelagert ist, so wird durch diesen Mechanismus der Schlitten zur Arbeitsbewegung gebracht.

Läuft der Riemen auf *I'*, so treibt Rad *1'* unmittelbar das Rad *4* und hierdurch *5*, die Verschiebung des Schlittens erfolgt in der entgegengesetzten Richtung, und zwar bei entsprechender Wahl der Zähnezahlen mit größerer Geschwindigkeit, schneller Rückgang.

Bei den Shapingmaschinen wird der schnelle Rückgang häufig

durch die Whitworth'sche Kurbel (maskierte Kurbelschleife, rotierende Kurbelschleife [1]) erzielt.

Das Zahnrad *R*, Abb. 605, erhält gleichförmige Bewegung und der an *R* feste Mitnehmer *m* dreht die exzentrisch gelagerte Kurbel *K*, welche mit einer Zugstange *z* den Werkzeugschlitten verschiebt. Während die Kurbel den oberen Halbkreis durchläuft, dreht sich das Zahnrad um den Winkel *aoc*, Abb. 605, für die zweite halbe Drehung der Kurbel um den Winkel 360° — *aoc*.

Mit anderen Worten, wenn der Mitnehmer *m* den Bogen *abc* durchläuft, dreht sich die Kurbel beim schnellen Rückgang um 180°, während der Mitnehmer den Bogen *cda* durchlaufen muß, damit die Kurbel während

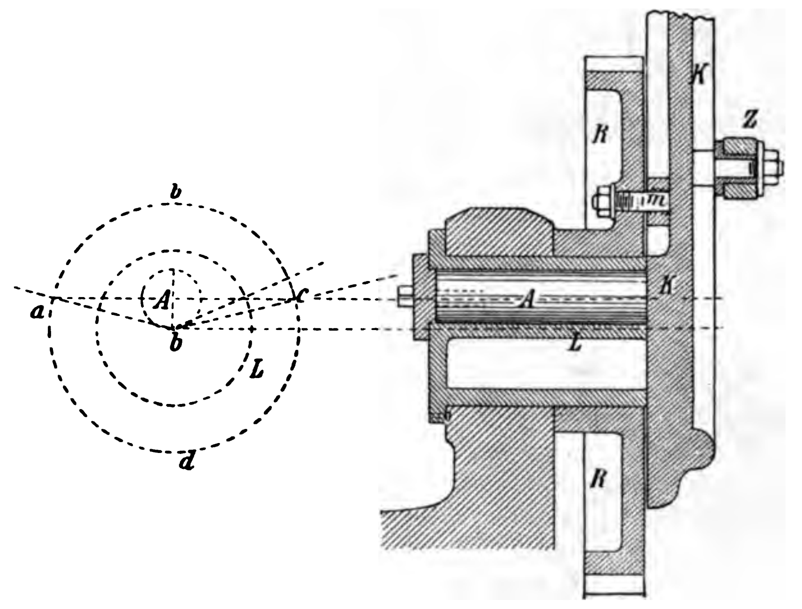


Abb. 605. Whitworth'sche Kurbel oder rotierende Kurbelschleife.

des Arbeitsganges die zweite Hälfte der Umdrehung zurücklegt. Die Zeiten des Leer- und Arbeitsganges verhalten sich wie die Bogen *abc* zu *cda* oder wie die Winkel *aoc*: (360° — *aoc*).

In ihrer Wirkung leichter verständlich, aber bei Shapingmaschinen seltener in Gebrauch ist die schwingende Kurbelschleife, welche Abb. 606 darstellt.

Die Zeit des Arbeitsganges verhält sich zur Zeit des Rückganges wie Bogen *abc* zu Bogen *cda*.

Es ist wünschenswert, die Länge der Arbeitsbewegung oder die Größe des Hubes der zu behobelnden Länge des Werkstückes anpassen zu können. Zu diesem Ende verbindet man mit dem Schlitten, auf welchem das Werkstück bei den Hobelmaschinen der ersten Gruppe befestigt ist, zwei

[1]) Reuleaux' Kinematik, S. 305.

versetzbare Ansätze, Anschläge (Knaggen), welche auf den Umsteuerungsmechanismus der Riemengabel einwirken. Der Abstand dieser Knaggen wird der Länge des Werkstückes angepaßt.

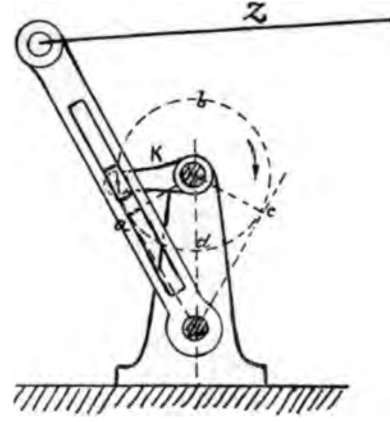


Abb. 606. Schwingende Kurbelschleife.

Der Umsteuerungsmechanismus kann sehr verschieden angeordnet sein, als ein Beispiel sei der durch Abb. 607 dargestellte gewählt. Denken wir uns den Schlitten mit dem Arbeitsstücke so weit bewegt, daß das Werkzeug bereits außer Berührung mit dem Arbeitsstücke gekommen ist, so stößt eine der beiden Knaggen an einen der Zähne (1 oder 2) des Armes a_1 an und dreht hierdurch den Arm um die Achse x_1, deren fixe Lagerung in der Figur nicht gezeichnet ist. Die Drehung von a_1 wird durch den Arm a_2 und die Zugstange z_1 auf a_3, x_2 und a_4

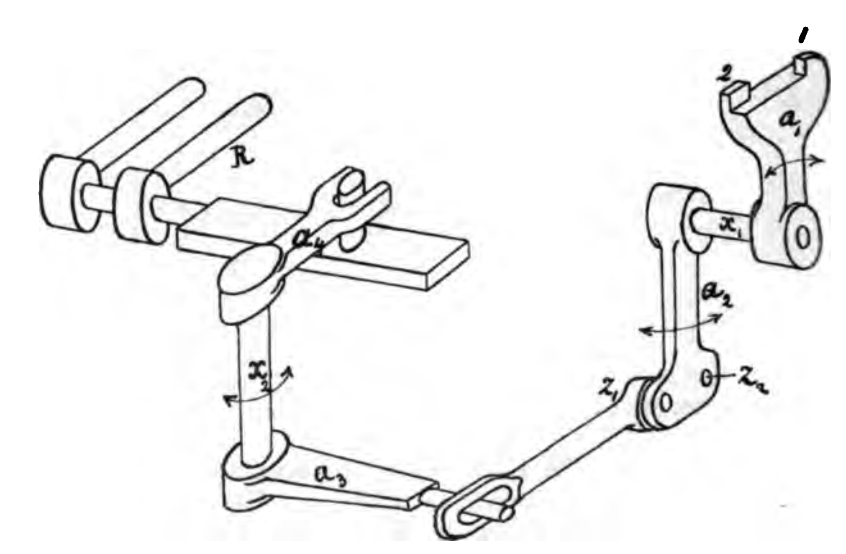


Abb. 607. Umsteuerungsmechanismus.

übertragen. Das gabelförmige Ende von a_4 wirkt auf die gerade geführte Stange der Riemengabel *R* und diese wird soweit verschoben, daß die Umkehrung der Bewegung des Schlittens erfolgt. Nach früher (S. 458, Abb. 604) ist bekannt, daß die Verschiebung des Treibriemens von *I* auf *I'* oder umgekehrt die Umsteuerung veranlaßt. Es wird durch die Knaggen die Bewegung des Umsteuerungsmechanismus nur eingeleitet und durch ein Kippgewicht erst vollendet; letzteres wirkt mittels einer Zugstange z_2 auf den Arm a_1 und werden wir dasselbe mit dem später zu besprechenden Mechanismus für die Schaltbewegung (Abb. 611) verbunden finden.

Bei den Shapingmaschinen wird der Hub des Werkzeugschlittens durch Änderung des Kurbelradius beeinflußt. Um den Kurbelradius verändern zu können, besitzt der Arm der Kurbel oder die statt desselben nicht selten angewendete Kurbelscheibe einen radialen Schlitz, in welchem der Kurbelzapfen auf den gewünschten Halbmesser, gleich dem halben Hub, eingestellt werden kann.

In Abb. 608 ist *s* der Kurbelarm (im Schnitte), *t* der Schraubenbolzen, dessen Kopf in dem Schlitze des Kurbelarmes verschoben werden kann; über den Bolzen ist die Hülse *u* geschoben, welche durch Platte und Mutter *w* festgestellt wird. Auf die Hülse *u* ist der Ring *v* der Kurbelstange gesteckt, welcher sich frei auf *u* dreht, da der Hals von *u* um weniges länger ist als die Bohrung des Ringes. Durch diese Einrichtung ist *v* frei drehbar, die Schraube preßt nur *u* fest, läßt aber *v* ungeklemmt.

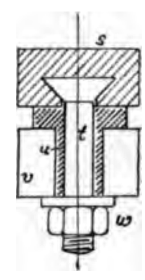


Abb. 608.

Wir wissen nach früher, daß bei jenen Hobelmaschinen, welche dem Werkstücke die Arbeitsbewegung erteilen, das Werkzeug während des einzelnen Schnittes feststeht und hierauf die Schaltbewegung um die Spandicke erhält. Soll eine horizontale Ebene angearbeitet werden, so findet die Schaltung in horizontaler Richtung statt, soll eine vertikale oder schräge Ebene angearbeitet werden, so wird — da diese Arbeiten seltener zu leisten sind — bei einfacher gebauten Maschinen von Hand aus (durch Kurbelrad) geschaltet, bei vollkommeneren Konstruktionen jedoch gleichfalls selbsttätig.

Die Abb. 609 und 610 stellen den Vertikal- und Horizontalschnitt durch den Support einer Metallhobelmaschine mit horizontaler und vertikaler selbsttätiger Schaltbewegung dar, nebst dem Querträger *u* (in Abb. 610 nur teilweise gezeichnet), welchem entlang sich der Support horizontal verschieben läßt. Die Hauptteile des Supports sind: Der Querschlitten *v*, das Drehstück oder die Drehplatte *w*, der Vertikalschlitten oder die Lyra *x* mit Platte *y* und das Meißelhaus oder das Stichelgehäuse *z*.

Im Querträger ist die Schraube α gelagert, welche in eine mit dem Querschlitten verbundene Mutter eingreift. Wird α ruckweise gedreht, so wird der Querschlitten mit allen von ihm getragenen Teilen ruckweise horizontal verschoben. Des weiteren ist im Querträger, parallel zur Schraube α und oberhalb derselben, eine Nutwelle gelagert, deren ruckweise Drehung eine ebensolche der Kegelräder $\beta\,\beta'$ bewirkt. Diese Kegelräder sind derart in den Querschlitten *v* und die Drehplatte *w* eingefügt, daß sie stets im Eingriffe bleiben müssen. Das Kegelrad γ' enthält das Muttergewinde für die Schraube δ, welche im Vertikalschlitten *x* gelagert ist und daher veranlaßt die Drehung von γ' die Vertikalschaltbewegung des Schlittens.

Ist das Drehstück *w*, Abb. 609 und 610, aus der normalen Lage um einen Winkel φ verdreht und dann festgestellt, so schließt auch die

Schraube δ mit dem Lote denselben Winkel ein und Schlitten x wird schief bewegt.

Es handelt sich also um ruckweise Drehung der Schraube a für die horizontale Schaltbewegung und um ruckweise Drehung der Nutwelle t für die vertikale oder schiefe Schaltbewegung. Es ist stets angezeigt, ja der besseren Schonung des Werkzeuges wegen notwendig, die Schaltung dann vorzunehmen, wenn das Werkzeug außer Berührung mit dem Arbeitsstücke ist. Dieser Bedingung wird dann von selbst entsprochen, wenn der Schaltmechanismus mit dem Umsteuerungsmechanismus in Zusammenhang gebracht ist.

Von dem Arme a_2 der Umsteuerung, Abb. 607, wird auch der Schaltmechanismus betätigt, dieser Arm ist daher auch in Abb. 611 I gezeichnet

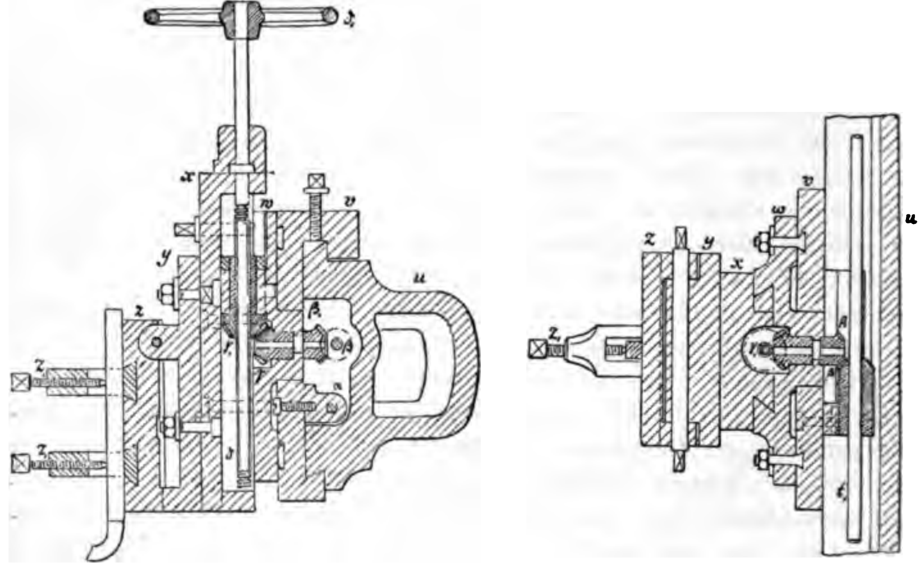


Abb. 609. Vertikalschnitt Abb. 610. Horizontalschnitt des Supports einer Metallhobelmaschine.

und von ihm geht die Bewegung durch die Zugstange z_2 auf einen um C drehbaren Arm, welcher an seinem Ende das Kippgewicht G trägt. Mit dem Arme ist zu einem Stücke vereinigt die Kurbelscheibe K, in deren Schlitz der Kurbelzapfen d verstellt werden kann, so daß sich die Größe des Weges von d regeln läßt.

Die Stange de geht durch das mit dem Gestelle der Maschine mittels eines Drehzapfens verbundene Führungsstück f. Die Stange eg ist bei e gelenkig mit Stange fd verbunden, desgleichen bei g gelenkig mit dem Winkelhebel gh. Man kann aber nach Bedarf das Gelenk g im Schlitze des Hebels einstellen. Man hat somit zwei Einstellungen, eine im Kurbelschlitze die zweite im Schlitze des Winkelhebels zur Verfügung und kann die Schwingungsweite des Hebelendes y so wählen, daß der Sperrkegel i das Schaltrad r nach Bedarf um einen, zwei oder drei Zähne dreht.

Die Form der Zähne des Schaltrades r und des Sperrkegels (Schiebklaue, Schalthaken) i ist hier so gewählt, daß man nach Bedarf in dem einen oder andern Sinne schalten kann, je nachdem man i in die voll oder punktiert gezeichnete Lage bringt. Will man die Schaltung ganz unterbrechen, so bringt man den Sperrkegel in radiale Lage.

Damit der Sperrkegel in radialer Stellung verbleibt und damit er, wenn eingeklinkt, sicher in die Zähne des Schaltrades einfällt, ist der Drehzapfen des Sperrkegels, wie Abb. 611 II zeigt, mit drei ebenen Flächen, je unter 60° zueinander geneigt, versehen und in eine Bohrung von i eine Schraubenfeder m und ein Klötzchen l eingesetzt. Das Klötzchen l wird

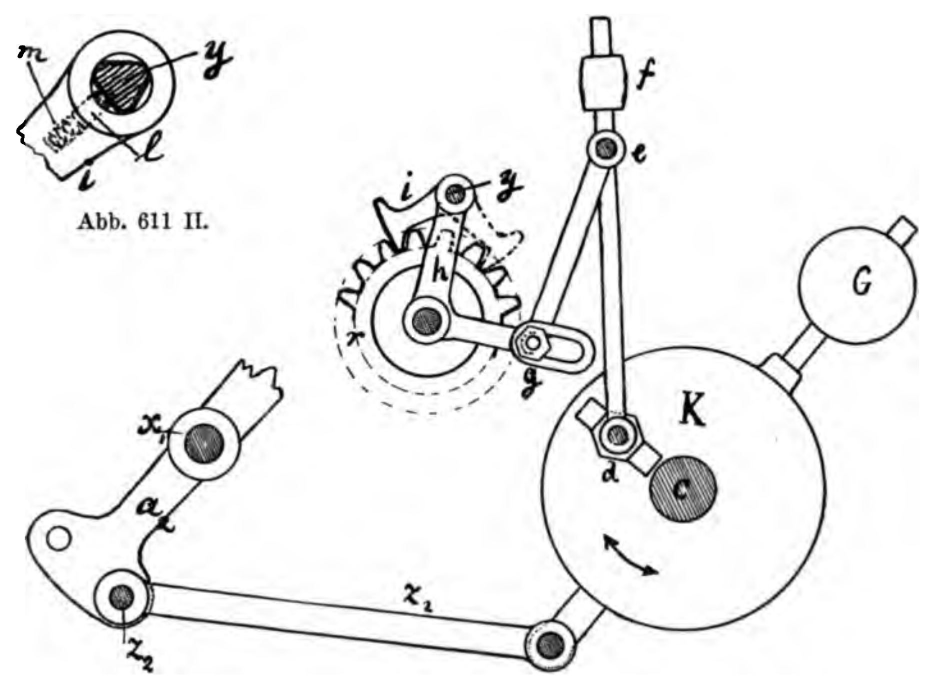


Abb. 611 II.

Abb. 611 I. Schaltmechanismus.

infolge des Federdruckes stets an der Oberfläche des Zapfens anliegen, bei einer Drehung des Sperrkegels aber auf dem Bolzen jene Bewegungen ausführen, welche durch die unrunde Form des Zapfens bedingt sind. Die drei ebenen Flächen entsprechen den drei Hauptstellungen des Schalthakens und ihre Wirkung ist die verlangte.

Diese sinnreiche Einrichtung findet sich bei den Schaltmechanismen der verschiedensten Werkzeugmaschinen wieder.

Die Schaltung der früher erwähnten Nutwelle t kann von derselben Stange $e\,g$, Abb. 611, abgeleitet sein, oder es wird mit der Stange $d\,e$ eine zweite, gleichartig wie $e\,g$, verbunden. Daß die Stange $d\,e$ über f so weit fortgesetzt sein muß, als der größte Durchmesser des Kurbelkreises verlangt, ist wohl an sich klar, Raumersparnis rechtfertigt die Verkürzung.

Die das Meißelhaus tragende Platte y ist bei vielen Supportkonstruktionen mit dem Vertikalschlitten x, Abb. 610, so verbunden, daß sie verdreht werden kann, wodurch auch das Meißelhaus und das Werkzeug eine schiefe Stellung erhält, welche in manchen Fällen den Angriff des Werkzeuges erleichtert. Das Meißelhaus ist stets um eine horizontale Drehachse beweglich, damit beim Rückgange (Leergange) das Werkzeug über das Arbeitsstück nur mit jenem geringen Drucke schleift, mit welchem sich das Meißelhaus vertikal einzustellen sucht.

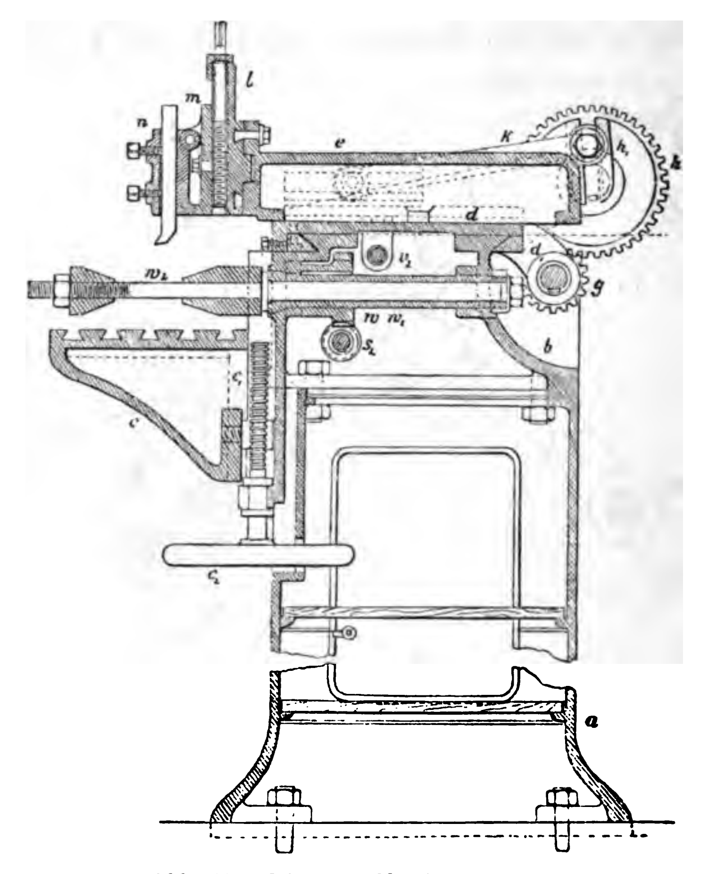


Abb. 612. Feil- oder Shapingmaschine.

In Abb. 612 sei noch der Vertikalschnitt durch eine Feilmaschine dargestellt, welche sowohl zum Plan- als Rundhobeln eingerichtet ist. Der Tisch $c\, c_1$ läßt sich durch c_2 vertikal verstellen, eine andere Bewegung kann demselben nicht gegeben werden, er erhält also nur eine Einstellbewegung. Die Teile $w\, w_1\, w_2$ dienen zum Rundhobeln, sie sind teilweise entfernt, wenn die Maschine zum Planhobeln verwendet wird.

Wird eben gehobelt, so erhält der Werkzeugschlitten e die Arbeits- und Schaltbewegung, denn die Platte d nebst ihrem Ausleger d_1 wird durch die Schraube v_1 längs des Bettes ruckweise verschoben und durch

die Teile $g\,h\,h_1$ und K erhält der Schlitten die Arbeitsbewegung. Die Länge derselben (Hobellänge) läßt sich durch entsprechende Einstellung des Kurbelzapfens im Schlitze h_1 dem Arbeitsstücke anpassen, und zudem läßt sich das Ende der Kurbelstange in einem Schlitze von e so einstellen, daß der Werkzeugschlitten seine Bewegung näher oder weiter vom Maschinenmittel ausführt.

Wird der Rundhobelapparat benutzt, so wird die Schaltbewegung auf die Schraube v_1 ausgerückt, dafür aber die Schnecke s_2 geschaltet. Die ruckweise Drehung von s_2 bewirkt eine ebensolche Drehung des Mutterrades w, der Hohlwelle w_1 und der mit derselben gekuppelten Spindel w_2. Mit dieser Spindel wird durch kegelförmige Hilfsstücke das Arbeitsstück, welches eine Bohrung besitzen muß, verbunden. Die in unserer Abbildung gewählten Buchstaben sind jene, welche sich im Werke von Hart, Taf. 44, vorfinden, welche Tafel die vollständige Darstellung dieser Maschine enthält; dasselbe gilt von unseren Abbildungen 609 und 610, beziehungsweise Tafel 38 des erwähnten Werkes (II. Auflage).

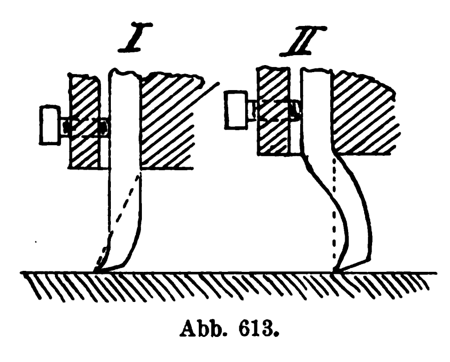


Abb. 613.

So verschieden auch die Gestaltung der Werkzeuge sein kann, welche an den Hobelmaschinen benutzt werden, so sollte doch immer darauf gesehen werden, daß die durch den Widerstand des Materiales bedingte Durchbiegung kein tieferes Eindringen des Werkzeuges in das Material zur Folge haben kann. Es wird sofort einleuchten, daß die Gestaltung, Abb. 613 I. fehlerhaft, hingegen II richtig ist.

Stoßmaschinen.

Mit den Metallhobelmaschinen in der Wirkungsweise nahe verwandt sind die Stoßmaschinen, deren gewöhnliche Anordnung bereits besprochen wurde (S. 399).

Der Werkzeugschlitten macht die vertikale Bewegung; die Höhe des Hubes oder die Stoßlänge läßt sich durch entsprechendes Einstellen des Kurbelzapfens im Schlitze der Kurbel oder Kurbelscheibe nach Bedarf regulieren. Die Stoßlänge wird etwas größer als die zu bearbeitende Höhe des Werkstückes gewählt, und während das Werkzeug über dem Arbeitsstücke, mithin außer Berührung mit ihm steht, findet die Schaltbewegung statt.

Bei der Mehrzahl der Stoßmaschinen kann der Tisch keine vertikale Einstellbewegung erhalten. Um den Werkzeugweg den verschiedenen Anforderungen der Arbeit besser anpassen zu können, ist der Schlitten mit einer Längsnut versehen, in welcher der Bolzen für das zweite Auge der Kurbelstange verstellt werden kann.

Hierdurch ist es möglich, den Schlittenhub in ein höheres oder tieferes Niveau zu verlegen. Man kann also die Höhe des Hubes und den Ort des Hubes (ob im höheren oder tieferen Niveau) nach Bedarf verändern.

Die Verbindung des Werkzeuges mit dem Schlitten ist gewöhnlich eine starre und reibt sich daher das Werkzeug beim Hub an dem Arbeitsstücke. Ausnahmsweise sind jedoch auch Anordnungen angewendet, welche dem Werkzeug beim Hube ein Ausweichen gestatten. Ein drehbares Meißelhaus, ähnlich jenem an Feilmaschinen, läßt sich gewöhnlich nicht anwenden, doch kann man Anordnungen treffen, welche ein Abziehen des Werkzeuges von der Arbeitsfläche beim Hub besorgen.[1])

Nutenziehmaschinen.

Statt der Stoßmaschinen werden für die Herstellung von Nuten in Rädern u. dgl. mit Vorteil die auf Zug wirkenden Nutenziehmaschinen angewendet, welche Baker Brothers, Toledo, Ohio, einführte. Eine vertikal geführte Stange enthält das Messer, das Werkstück erhält auf dem Tische, welcher auch schief gestellt werden kann, die Schaltbewegung.

Hobelmaschinen mit kreisender Messerbewegung, auch Schwärmer genannt,

sind Maschinen, welche ebene Kreisflächen oder Ringflächen, welche nicht durch das Plandrehen ihre Bearbeitung finden können, anarbeiten sollen.

w *a* *m*

Das Prinzip kann durch beistehende Skizze markiert sein, in welcher *w* eine sich drehende Welle, *a* einen damit verbundenen Arm und *m* das Messer darstellt. Das Messer erhält die kreisende Arbeitsbewegung und radiale Schaltbewegung, die Welle Einstellbewegungen.

Holzhobelmaschinen.

Jene Maschinen, welche unter der Benennung Holzhobelmaschinen zusammengefaßt werden, arbeiten sämtlich mittels rasch rotierender Messer; die Messerköpfe machen 1000 bis 4000 Touren, je nach dem Durchmesser jener Kreise, welche die einzelnen Punkte der Werkzeugschneide durchlaufen, so daß die Schnittgeschwindigkeit etwa 20 *m* beträgt.

Auf Holz arbeitende Maschinen, welche Ähnlichkeit mit den Metallhobel- und Feilmaschinen besitzen, dienen anderen Zwecken. So wird zur Herstellung sehr dünner Furniere, das sind dünne Blätter aus Holz, die Furnierschneidemaschine angewendet, bei welcher ein parallelepipedisches Holzstück, auf einem Schlitten befestigt, gegen ein festgestelltes Messer bewegt wird. Das Messer ist unter einem Schneidwinkel von etwa 35° und einem Aufsetzwinkel von 70° angestellt und trennt ein Holzblatt der ganzen Breite des Klotzes nach ab. Damit kein Knicken des dünnen

[1]) Konstruktion der Maschinenfabrik Oerlikon, Grafenstaden u. a.

Holzblattes eintritt, wird das Holz früher in Wasser eingelegt und dadurch zäh gemacht. Dem Werkzeuge wird die Schaltbewegung gegeben. Die Schnittgeschwindigkeit beträgt nur bei 200 *mm*.

Zum Zwecke der Herstellung von Holzwolle, d. i. dünner langer und schmaler Holzspänchen, werden Maschinen verwendet, welche insofern einige Ähnlichkeit mit den Feilmaschinen aufweisen, als die Messer geradlinige Arbeitsbewegung mit 1 bis 2 *m* Geschwindigkeit machen. Die Messer bestehen aus mehreren vertikal einschneidenden Vorschneidern und einem handhobelähnlich wirkenden Hauptmesser. Dem Werkzeuge kann die Schaltbewegung gegeben werden.

Die eigentlichen Holzhobelmaschinen arbeiten mit rotierenden Messern und die gewöhnlichste Form des die Messer tragenden Messerkopfes ist eine solche, daß die einzelnen Schneidepunkte der Messer eine Rotationsfläche durchlaufen, welche zur Fläche eines Kreiszylinders wird, wenn eine ebene Fläche angearbeitet werden soll.

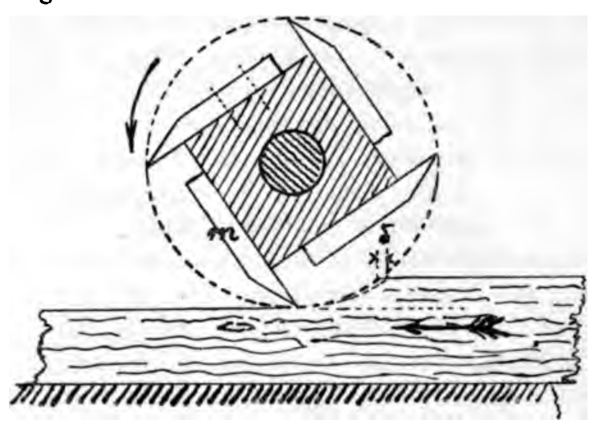


Abb. 614. Zeigt die Zuführungsrichtung bei Holzhobelmaschinen.

Zuweilen werden zum eben-hobeln auch Hobelmaschinen angewendet, bei welchen ein scheibenförmiger Messerkopf an das freie Ende der Rotationsachse gesetzt ist. Die Messer überragen die Stirnfläche der Scheibe und falls ihre Schneiden geradlinig gestaltet sind, so durchlaufen sie bei der Rotation eine ebene Fläche. Die Zuführung des Werkstückes erfolgt so, daß die Bewegungsebene der Messer zur Anarbeitungsebene des Werkstückes wird. Von diesen Hobelmaschinen wird insbesondere in der Parkettenfabrikation Anwendung gemacht.

Bei den gewöhnlichen Holzhobelmaschinen bewegen sich die einzelnen Punkte der Werkzeugschneide in einer Rotationsfläche, welche wie bereits gesagt zum Zwecke der Herstellung einer ebenen Anarbeitungsfläche zur Kreiszylinderfläche wird.

So verschieden auch die konstruktive Durchbildung der Holzhobelmaschinen ist, so stimmen sie darin überein, daß der Messerkopf am Orte rotiert und das zu behobelnde Holz ihm zugeschoben wird. Stellt Abb. 614

einen rotierenden Messerkopf vor, so soll die Zuführung des Holzes in der Richtung des Pfeiles erfolgen, weil bei dieser Zuführungsrichtung das Messer die Späne derart nimmt, daß die Spandicke von Null allmählich wächst. Würde die Zuführung in entgegengesetzter Richtung erfolgen, mithin auf der linken Seite unserer Abbildung das Brett die größere Dicke besitzen, so würde das Messer anfänglich einen dicken, späterhin dünner werdenden Span abtrennen und sowohl der zu überwindende Widerstand ein größerer sein, als auch ein Stoß den Beginn des Schneidens einleiten.

Infolge der großen Tourenzahl des Messerkopfes und der Anwendung meist mehrerer Messer kommen viele Schnitte (2000 bis 12.000) auf die Minute, und würde jeder Schnitt durch einen Stoß eingeleitet, so summieren sich die Stöße zu einer nachteiligen Vibration des Messerkopfes.

Allerdings arbeitet der Messerkopf bei beiden Richtungen der Zuführung, doch ist die in Abb. 614 angegebene entschieden vorteilhafter.

Dreht sich der mit vier Messern versehene Messerkopf mit 1000 Touren, so kommen 4000 Schnitte auf die Minute. Wird in dieser Zeit das zu hobelnde Brett um 2 *m* zugeschoben, so entfällt auf einen Schnitt eine Länge von $^1/_2$ *mm*. Es ist daher die Spandicke, in der Richtung des Vorschubes gemessen, im Maximum $^1/_2$ *mm*, also ziemlich bedeutend, und muß es für die Arbeit von Einfluß sein, ob der Span von der schwachen oder von der dicken Seite angefangen genommen wird.

Die außerordentlich rasche Rotation erheischt auch einen Messerkopf, dessen Rotationsachse zugleich eine freie Achse ist (vgl. S. 194), und eine vorzügliche Lagerung z. B. in Ringschmierlagern (S. 407).

Die Zuführung des zu hobelnden Werkstückes kann entweder dadurch erfolgen, daß das Werkstück auf einem bewegten Schlitten aufruht und mit diesem unter dem Messerkopfe hingeführt wird, oder es erfolgt die Zuführung mittels Walzen, von welchen zwei Paare geriffelter Walzen vor dem Messerkopfe und ein oder zwei Paare glatter Walzen hinter dem Messerkopfe angeordnet sind.

Die Zuführung muß stets so erfolgen, daß das Werkstück die genügende Stützung und Haltung erfährt, welche Vibrationen desselben ausschließen. Bei einer Schlittenzuführung muß der Schlitten hinreichend kräftig gebaut und das Holz mit dem Schlitten fest verbunden sein; bei Walzenzuführung sind die Oberwalzen kräftig gegen das Werkstück zu drücken, auch wendet man zuweilen Druckleisten an, unter welchen das Werkstück hingeht und die dasselbe niederdrücken.

Sollen Bretter eben gehobelt werden, so müssen die Messerschneiden eine Zylinderfläche durchlaufen, also sämtliche Schneidepunkte in einem Kreiszylinder liegen.

Die Messer können ebene Platten mit geradliniger Schneide sein, es ist dies der gewöhnlichste Fall; hierbei läßt sich ein im Querschnitt quadratischer, der Form nach prismatischer Messerkopf verwenden. Bei dem Auf-

schrauben der Messer ist wohl darauf zu achten, daß die Schneiden der vier (oder zwei) Messer ganz genau gleichweit von der Umdrehungachse abstehen und mit ihr parallel sind.

Man kann sich zu diesem Zwecke einer an den Messerkopf anzusetzenden Distanzschiene bedienen.

Die Messer können jedoch auch elliptische oder schraubenförmige Schneiden besitzen und haben diese Messerformen den Vorteil, daß die einzelnen Schneidenpunkte nicht gleichzeitig, sondern hintereinander zur Wirkung gelangen, daher der Schnitt ein ruhigerer wird.

Denken wir eine Kreiszylinderfläche durch eine zur Achse geneigte Ebene geschnitten, so ist bekanntlich die Schnittkurve eine Ellipse. Schließt die Achse mit der Schnittebene einen kleinen Winkel ein, so wird die Ellipse lang gestreckt. Man wird nur den wenig gekrümmten Teil der Ellipse als Kurve für die Messerschneide benutzen. Der Messerkopf muß so ausgebildet sein, daß sich an ihm ebene Flächen zum Anspannen der Messer vorfinden, welche zur Rotationsachse dieselbe Neigung haben als jene Ebene, mit welcher die Kreiszylinderfläche geschnitten gedacht wurde. Zur genauen Instandhaltung der richtigen Form der Messer muß eine Schleifvorrichtung vorhanden sein, welche aus einer geometrisch richtig konstruierten Bogenführung eines Schlittens besteht, in welchem das Messer unter richtigem Winkel gegen den Schleifstein angestellt und eingespannt ist.[1])

Die Anwendung schraubenförmiger Messer[2]) hat sich weit mehr eingeführt. Der Messerkopf ist im Querschnitte quadratisch und ist so schraubenförmig gewunden, daß er einem Viertel- oder halben Gange entspricht. Die Seitenflächen des Messerkopfes, an welchem die Messer anzuschrauben sind, haben daher die Gestalt außerordentlich steiler Schraubenflächen; nach diesen müssen daher auch die Messer gekrümmt sein und ihre Schneidkanten sind Schrauben derselben Ganghöhe. Auch hier erfordert das richtige Nachschleifen eine Schleifmaschine spezieller Einrichtung, aber der Vorteil, welchen man mit solchen Hobelmaschinen erreichen kann, ist ein noch größerer als bei Anwendung der elliptischen Messer, denn hier ist während der ganzen Umdrehung des Messerkopfes theoretisch — d. h. von Ungleichförmigkeiten des Holzes abgesehen — ein konstanter Arbeitswiderstand vorhanden, weil die Berührung der Schneiden mit der Hobelebene stets in einem Punkte stattfindet. Damit diese Berührung stets in einem Punkte erfolgt, muß das nachfolgende Messer zu schneiden beginnen, wenn das vorhergehende zu schneiden aufhört und deshalb muß die Steigung eine solche sein, daß bei vier Messern mindestens ein Viertelgang, bei zwei Messern mindestens ein halber Gang auf die Messerkopflänge entfällt.

---

[1]) Genaue Beschreibung dieses Apparates findet sich in den Technischen Blättern 1870, S. 257 und Taf. 14.

[2]) Eingeführt durch die Maschinenfabrik A. Ransome & Ko. (s. S. 473 Anmerkung.)

Für die Arbeit ist es prinzipiell gleichgültig, ob die **obere** oder die **untere Brettfläche** behobelt wird. Eine Anordnung, bei welcher die **untere Fläche** bearbeitet wird, zeigt Abb. 615.

Die Betrachtung dieser Abbildung läßt sofort erkennen, daß die **Platte** p_2 **tiefer liegen muß** als die Platte p_1. Richtet man p_2 **vertikal verstellbar** ein, so hat man es in seiner Macht, die Tiefe (Höhe) der abzuhobelnden Schicht zu regulieren.

Holzhobelmaschinen werden häufig so eingerichtet, daß das durch die Maschine geführte Brett auf allen **vier Seiten** gleichzeitig bearbeitet wird. Zu diesem Zwecke stehen vier Messerköpfe in gleichzeitiger Tätigkeit, zwei mit horizontalen und zwei kleinere mit vertikalen Achsen. Erstere bearbeiten die breiten, letztere die schmalen Brettflächen. Entsprechend den verschiedenen Abmessungen der Bretter ist die Achse des oberen Messerkopfes und die Achse eines der seitlich arbeitenden Messerköpfe in verstellbaren Lagern gelagert, so zwar, daß die Achsenverstellung parallel zu sich selbst erfolgen kann.

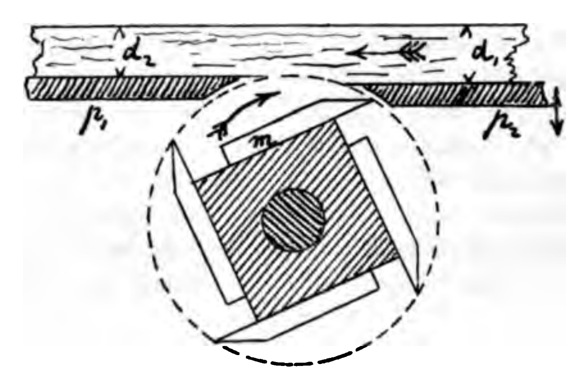


Abb. 615. Hobeln von der Unterseite.

Werden die Messerköpfe, welche die Seitenflächen bearbeiten, mit Messern versehen, welche dem Feder- und Nuthobel entsprechen, so wird man das Brett oben und unten eben hobeln, auf der einen Seite mit Feder, auf der zweiten mit Nut versehen.

Für die Anarbeitung von Vierkantzapfen und Nuten an den Enden von Latten, Pfosten und Balken bedient man sich besonderer Hobelmaschinen, bei welchen das Werkstück festgehalten wird, hingegen der Messerkopf sowohl die Arbeits- als die Schaltbewegung erhält.

Es unterliegt keinen Schwierigkeiten, mit einem Messerkopf ein **profiliertes** oder **fassoniertes** Messer zu verbinden und hiermit profilierte Arbeitsstücke herzustellen. Hiervon macht man sowohl in der Tischlerei als der Rahmenfabrikation ausgedehnte Anwendung. Die Achse des Messerkopfes ist gewöhnlich vertikal angeordnet und ragt der Messerkopf über einer eisernen Tischplatte vor, auf welcher das Arbeitsstück zugeschoben wird. Zur besseren und sichereren Führung des Werkstückes dienen **ein-**

stellbare Schienen, längs welchen der Vorschub, meist von Hand aus erfolgt.

Damit die Hand des Arbeiters nicht in Berührung mit dem kreisenden Messer kommen kann, ist eine Schutzkappe entsprechender Form über dem Messerkopfe anzubringen, welche nur so weit ausgeschnitten ist, als es die Zuführung des Holzes verlangt.

Diese Hobelmaschinen gestatten auch die Herstellung mannigfach profilierter Holzstücke gekrümmter Form, wenn die Krümmung eine solche ist, daß die Erzeugenden der profilierten Fläche ebene Kurven sind. Abb. 616 stellt in *h* ein solches Stück dar, von welchem mehrere gleiche Stücke herzustellen wären.

Zunächst ist für die Hobelmaschine ein Messer *m*, Abb. 617, anzufertigen, welches der Profillinie (Leitlinie) der herzustellenden doppelt ge-

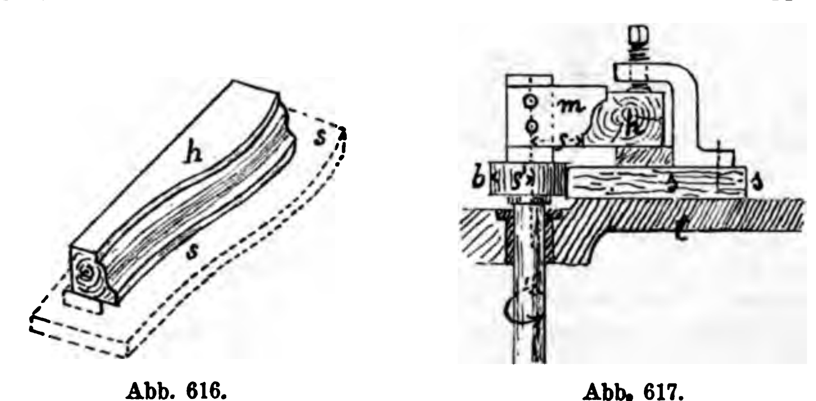


Abb. 616. Abb. 617.

Herstellung profilierter Stücke.

krümmten Fläche entspricht. Sodann ist ein Brett, Schablone *s*, vorzurichten, dessen Seitenwand so gekrümmt ist, daß ihre Horizontalprojektion eine äquidistante Kurve zu der herzustellenden Krümmung bildet. Die hierbei zu wählende Distanz entspricht der Differenz der Radien ϱ des Messers und ϱ' des an der Messerkopfachse angebrachten Bundes *b*. An die Schablone *s* wird das durch Sägen vorgearbeitete Holz *h* mittels geeigneter Klemmungen befestigt und das Ganze hierauf dem rotierenden Messerkopfe von Hand aus so zugefüht, daß die Schablone *s* am Bunde *b* der Messerwelle stetig anliegt und somit ihre Führung findet.

Die Schablone *s* und die Klemmen sind nicht selten in der Gestalt eines niedrigen Kästchens ausgeführt. Die Gestaltung kann einfach und doch mannigfaltig sein. Für die Praxis sind diese Kurvenschablonen bei Massenerzeugung von außerordentlichem Werte, doch lohnen sie sich schon bei Herstellung weniger gleicher Stücke.

Zum Zwecke der Massenerzeugung mannigfacher zusammengesetzter Formen, z. B. Radspeichen, Gewehrschäfte, Schuhleisten u. dgl. bedient man sich der sogenannten Kopiermaschinen, deren arbeitende Werkzeuge

rasch rotierende Messerköpfe sind, welche daher wie Hobelmaschinen wirken.

Mit einem Schlitten, welcher sehr langsame Längsbewegung macht, sind eine Metallschablone (Metallmodell) und die zu bearbeitenden Stücke verbunden, und zwar so, daß sich alle diese Stücke gleichmäßig und langsam um ihre Längsachsen drehen, welche in gleicher Ebene liegen, parallel zur Richtung der Schlittenbewegung.

In einem beweglichen Rahmen rotieren ferner so viele Messerköpfe um dieselbe geometrische Achse, als Werkstücke zu bearbeiten sind. Diese Messerköpfe liegen über den Arbeitsstücken. Über dem Metallmodell und auf demselben ruht eine Rolle, deren Durchmesser und Profil mit den Messerköpfen übereinstimmt. Abb. 618 zeigt in *s* Ansicht und Schnitt durch die Rolle, in *m* Ansicht und Schnitt durch den Messerkopf.

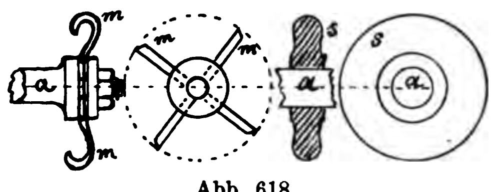


Abb. 618.

Die Rolle ist im Rahmen so angebracht, daß ihre Achse und jene der Messerköpfe in dieselbe gerade Linie fällt.

Aus dieser Anordnung folgt, daß die Achse der Messerköpfe von der Achse der Arbeitsstücke stets jenen Abstand haben muß, welchen die Achse der Rolle von der Achse des Modells einnimmt. Denken wir uns nun den Schlitten langsam bewegt und zugleich Modell und Arbeitsstücke gleichmäßig um ihre Achsen gedreht, so wird die Rolle, entsprechend den verschiedenen Radien des Modelles, verschiedene Höhenlage annehmen müssen. Dieselbe Höhenlage nehmen aber auch die Messerköpfe ein, weil sie mit der Rolle in demselben beweglichen Rahmen, an derselben geometrischen Achse angebracht sind; demnach müssen die Messerköpfe die Werkstücke derart ausbilden, daß sie zu genauen Kopien des Modelles werden.

Stemmaschinen.

Stemmaschinen. So wie die Stoßmaschinen im Anschlusse an die Metallhobelmaschinen behandelt wurden, so dürfen wohl auch die Stemmmaschinen im Anschlusse an die Holzhobelmaschinen behandelt werden, obwohl sie in ihrer Konstruktion den Stoßmaschinen weit näher als den Holzhobelmaschinen stehen.

Das Werkzeug ist ein Stemmeisen, Lochbeitel oder Viereisen und ist an einem vertikal bewegten Schlitten, welcher in der Minute 130 bis 200 Hübe macht, derart drehbar befestigt, daß das Werkzeug aus der Lage I, Abb. 619, rasch in die Lage II gebracht, d. h. genau um 180° gedreht werden kann. Der Zweck dieser Umstellung des Werkzeuges ist

der, von einem vorgebohrten Loche *l*, Abb. 620, zuerst nach *a*, dann gegen *b* stemmen und so ein rechteckiges Zapfenloch bilden zu können. Die Vorrichtung für diese Werkzeugwendung ist aus Abb. 621 ersichtlich, und wird

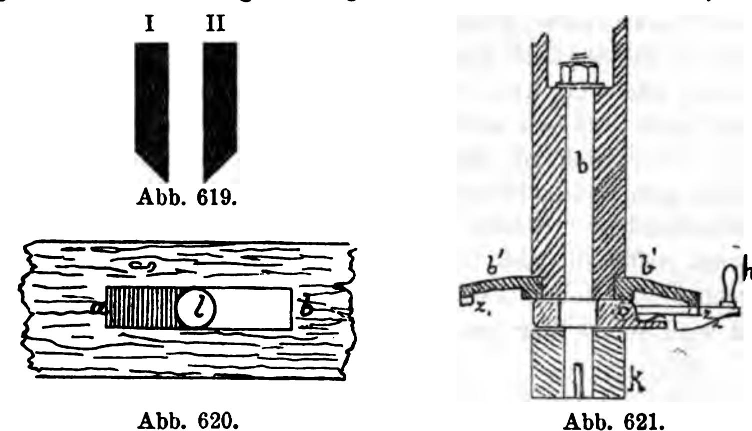


Abb. 619.

Abb. 620.

Abb. 621.

es genügen zu bemerken, daß ein Zahn des federnden Armes *h* in der richtigen Stellung in einen Ausschnitt z_1 oder z_2 einspringt und gehalten wird.

Der Schlitten erhält die Vertikalbewegung durch Kurbel und Kurbelstange. Das Werkstück erhält mit dem Wagen, auf welchem es befestigt ist, die ruckweise Schaltbewegung, welche von einem Nutzylinder an der Kurbelachse abgeleitet wird.

Stemmend wirkende Werkzeuge werden maschinell auch zur Herstellung von Zierleisten angewendet.[1])

III. Bohren.

Verwandelt man das Material, welches einen zylindrischen Raumteil des Werkstückes ausfüllte, in Späne, welche man entfernt, so spricht man

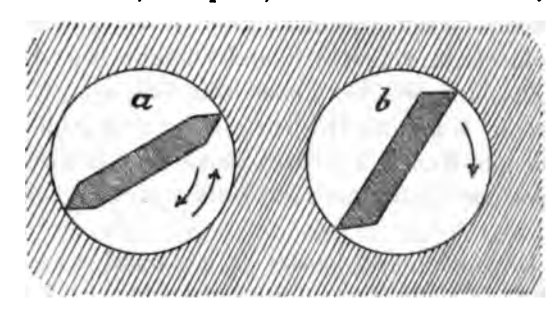


Abb. 622. Bohren mit zweischneidigem und einschneidigem Bohrer.

von „bohren aus dem Vollen" oder von Bohren im engeren Sinne. Den gebildeten Hohlraum nennt man Bohrloch, das Werkzeug heißt Bohrer

[1]) Eine selbsttätig wirkende Maschine zur Herstellung von Zierleisten aus Ahornholz o. dgl., welche mit mehreren Messern, mit Vertikal-, Horizontal- und Bogenbewegung arbeitete, hatte auf der Pariser Weltausstellung 1900 A. Ransome & Ko. (Newark-on-Trent' England) ausgestellt.

und macht in der Regel sowohl die Arbeitsbewegung als die Schaltbewegung. Erweitert man einen zylindrischen Hohlraum mittels rotierender Werkzeuge gleichmäßig dadurch, daß man von der Lochwand Späne abtrennt, so wird diese Arbeit ausbohren genannt.

Bohrer für Metall. Man pflegt diese Werkzeuge einzuteilen in zweischneidige und einschneidige Bohrer, worunter man versteht, daß der Bohrer nach beiden oder nur nach einer Bewegungsrichtung schneidet. Die vorstehende Abb. 622 stellt den Normalschnitt durch zwei Bohrer nahe dem Bohrlochboden vor, von welchen *a* ein „zweischneidiger“, *b* ein „einschneidiger“ Bohrer ist.

Ebenso stellen die Abb. 623 und 624 sehr gebräuchliche Formen zwei- und einschneidiger Bohrer vor. Eine Vergleichung dieser Abbildungen mit Abb. 622 wird sofort klar machen, daß von Schneiden nur bei der zweiten

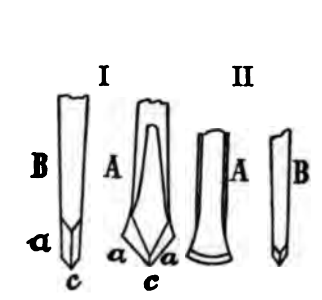


Abb. 623. Zweischneidige Bohrer.

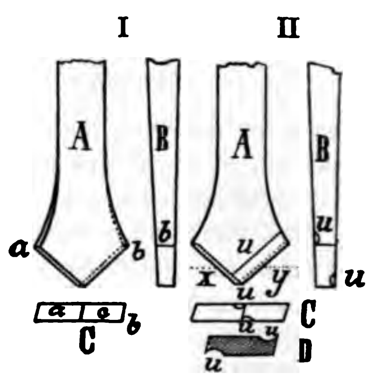


Abb. 624. Einschneidige Bohrer.

Bohrerform die Rede sein kann. Die Form Abb. 624 II ist vorzüglich, doch wird sie nicht häufig angetroffen, weil die Herstellung der kleinen Fassette bei *u* mit nicht unbedeutenden Schwierigkeiten verbunden ist.

Eine gute Bohrerform, eingeführt durch Direktor Werder, zeigt Abb. 625, doch macht der Zuschliff, welcher genau sein soll, einige Schwierigkeit.

Der sogenannte Kanonenbohrer ist durch Abb. 626 dargestellt, $\alpha\,\beta$ ist die schneidende Kante. Der halbzylindrische Schaft gibt dem Bohrer in dem auf eine gewisse Tiefe durch Ausdrehen oder Vorbohren hergestellten Loche Führung.

Ein ausgezeichneter Bohrer ist der amerikanische Spiralbohrer, welchen Abb. 627 zeigt. Er besitzt zwei schneidende Kanten, welche zur Achse gleiche Neigung haben und welche durch eine dritte kurze, die Achse normal schneidende, nur schabend wirkende Kante verbunden sind. Die beiden schraubenförmigen Nuten befördern die Späne aus dem Bohrloche; die Zylinderfläche des Schaftes gibt dem Bohrer gute Führung. Gibt man diesen Bohrer an der Umfläche geringen Hinterschliff, dann besorgen nur die beiden steilen, von den Schneiden ausgehenden Schraubenlinien die Führung; dagegen entfällt die Reibung des Bohrerschaftes im Loch fast ganz.

Dieser Bohrer ist unbestritten der beste Metallbohrer, doch erfordert seine Instandhaltung die Anwendung einer speziellen Schleifmaschine. Bei einem Nachschleifen aus freier Hand werden nicht nur die Schneidkanten ungleich, sondern es fällt auch das notwendige Hinterschleifen zu ungenau aus. Nur sehr genau geschliffene Bohrer arbeiten mit beiden Schneiden und werden die Späne dann in beiden Spiralnuten ausgefördert; sehr häufig findet man aber auch bei ihm nur einseitige Wirkung. Als minutliche Umdrehungszahl n wird für diese Bohrer, wenn sie aus Kohlenstoffstahl hergestellt sind, empfohlen: $n = \frac{1500}{d}$ für Stahl, $n = \frac{2300}{d}$ für Eisen und $n = \frac{4000}{d}$ für Bronze, wobei der Bohrerdurchmesser d in Millimeter ge-

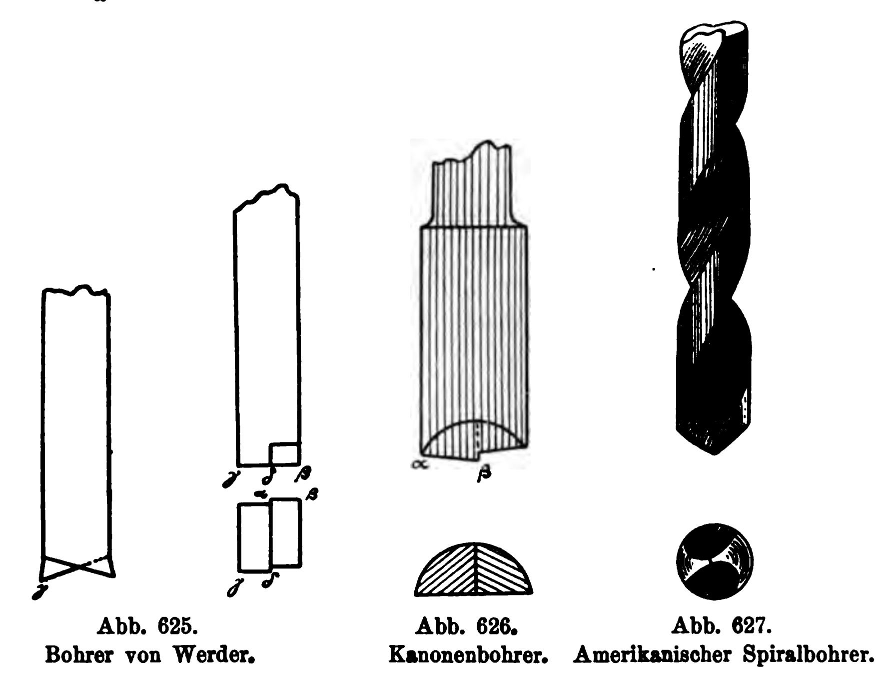


Abb. 625. Bohrer von Werder.

Abb. 626. Kanonenbohrer.

Abb. 627. Amerikanischer Spiralbohrer.

messen ist, für Bohrer aus Schnelldrehstahl kann die vierfache Geschwindigkeit, beziehungsweise Umdrehungszahl angewendet werden.

Würde man die Tourenzahl der Bohrer mit Rücksicht auf die auf S. 392 angegebene mittlere Schnittgeschwindigkeit für Eisen von 100 *mm* pro 1 Sekunde bestimmen, so folgt aus der Gleichung $\frac{\pi d n}{60} = 100$, $n = \frac{1900}{d}$, also eine etwas geringere Tourenzahl, was nicht wundernehmen kann, weil in der Gleichung $\frac{\pi d n}{60} = 100$ nicht die mittlere, sondern die Umfangsgeschwindigkeit der Bohrerschneide eingesetzt ist. Im übrigen ist die Übereinstimmung eine vorzügliche und zeigt den innigen Zusammenhang der verschiedenen Methoden der Abtrennung von Spänen.

Ungleiche Wirkung der Bohrerschneiden findet bei gewöhnlichen Bohrern sehr häufig statt; der Bohrer bekommt dadurch die Neigung seitlich auszuweichen, zu „verlaufen“. Die Bohrung wird hierdurch ungenau.

Bei manchen Arbeitsstücken handelt es sich um genauen Parallelismus der gebohrten Löcher und in diesem Falle ist die Anwendung der amerikanischen Spiralbohrer und deren richtige Verbindung mit der Bohrspindel der Bohrmaschine (s. u.) notwendig. Müssen überdies die Bohrlochachsen wie bei Gewehrbestandteilen u. dgl. in einem ganz bestimmten Abstande voneinander liegen, so empfiehlt es sich, das Werk-

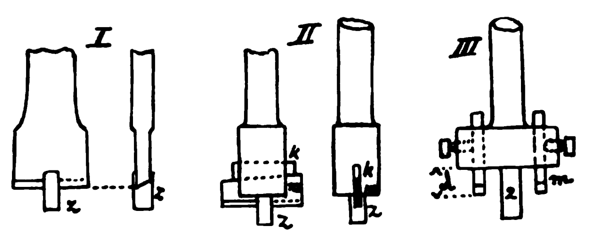


Abb. 628. Erweiterungsbohrer.

stück in ein genau passendes Futter zu spannen, in welchem sich kleine gehärtete Büchsen an jenen Stellen befinden, an welchen die Löcher zu bohren sind. Diese Büchsen sind auf den Bohrerdurchmesser genau ausgeschliffen und dienen dem Bohrer als Führung.

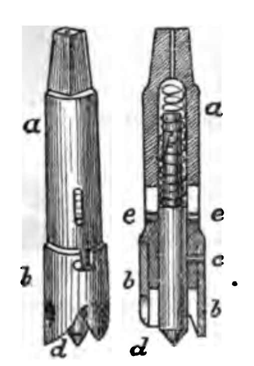




Abb. 629. Webster's Rohrwandbohrer.

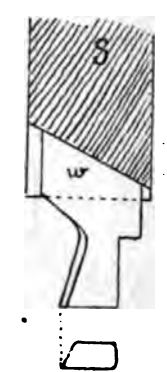


Abb. 630. Erweiterungsbohrer für konische Löcher.

Erweiterungsbohrer sind solche, welche ein bereits vorhandenes Bohrloch gleichmäßig zu erweitern bestimmt sind. Die einfachsten Werkzeuge dieser Art sind durch Abb. 628 I und II dargestellt; bezüglich der letzteren genügt die Bemerkung, daß das Messer in den Bohrerschaft eingesteckt und durch einen Keil festgestellt ist.

Zu den Erweiterungsbohrern können auch jene Bohrer gezählt werden, deren zentrischer Zapfen z wohl in einem vorgebohrten Loche Führung gibt, dessen Messer m, Abb. 628 III, jedoch nur einen ringförmigen Teil des Materials in Späne verwandeln und den Rest als zusammenhängendes Stück

gewinnen lassen. Der in Abb. 628 III skizzierte Bohrer ist natürlich nur auf Platten von kleinerer Dicke anwendbar, als die freie Länge der Messer.

Webster's Rohrwandbohrer, Abb. 629, braucht zu ähnlicher Wirkung keines vorgebohrten Loches, sondern nur eines Grübchens zur Aufnahme der Körnerspitze *d*. Die Schneiden *b* sind an einer Stahlhülse angearbeitet, welche mittels Bajonnettverschluß *c* auf dem Schafte des Werkzeuges befestigt ist. Der Körner ist bei *e e* von einem Bolzen durchquert, welcher in Schlitzen geführt ist, und stützt sich gegen eine Schraubenfeder. Die Stahlhülse *b* ist unten etwas dicker gehalten, wodurch die Schneiden breiter sind als die Dicke des Rohres, so daß sich dasselbe in dem ringförmigen Loche nicht reibt. Dieser Bohrer schneidet eine Kreisscheibe aus dem Material der Platte und wird insbesondere zum Bohren der kupfernen

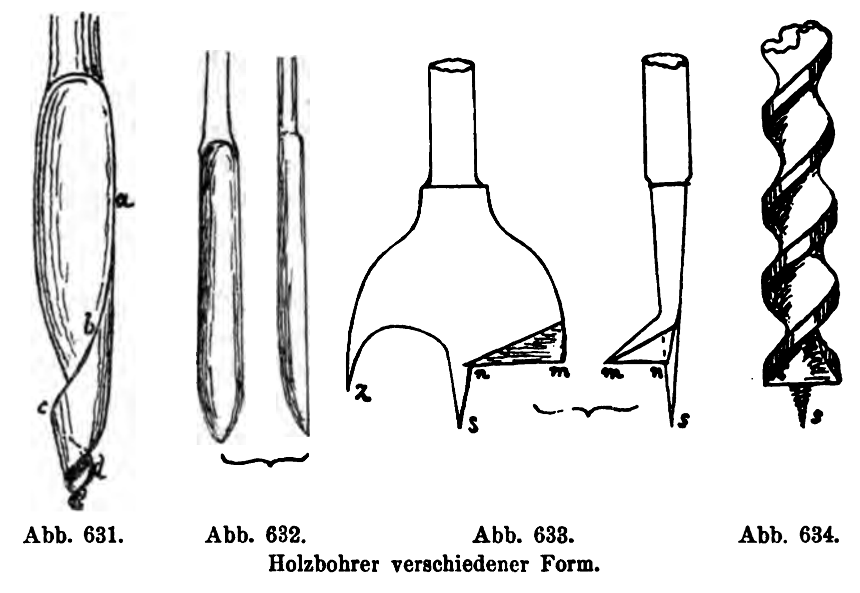


Abb. 631. Abb. 632. Abb. 633. Abb. 634.
Holzbohrer verschiedener Form.

Rohrwände der Lokomotiven verwendet, wobei das teure Werkzeug wenig beansprucht wird.

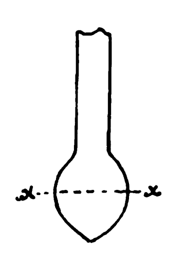
Eine besonders interessante Locherweiterung ist jene, welche bei manchen Dampfschiebern bestimmt ist, Weichmetallkegel aufzunehmen. Zunächst ist die Bohrung eine zylindrische; dieselbe soll konisch nach unten erweitert werden. Hierzu dient ein Messer *w* von der Form Abb. 630, welches durch die Bohrspindel *S* gedreht wird und von ihr Druck erhält. Infolge der schrägen Druckflächen hat das Messer das Bestreben, gegen die Lochwand zu wirken und nimmt von derselben so lange Späne, bis die beabsichtigte konische Lochform erzielt ist.

Bohrer für Holz. Diese Bohrer unterscheiden sich von den Metallbohrern wesentlich dadurch, daß der Schneidwinkel und der Zuschärfungswinkel sehr spitz ausfallen. Hierdurch wird auch die ganze Gestalt des Bohrers eine andere.

Die Abb. 631 bis 634 zeigen die am gewöhnlichsten angewendeten Holzbohrer, den steirischen Schneckenbohrer, den Löffelbohrer, den Zentrumbohrer und den amerikanischen Schraubenbohrer.

Der steirische Schneckenbohrer hat eine lange Schneidkante, welche unten in eine kurze kegelförmige Zugschraube übergeht. Wenn das Werkzeug richtig hergestellt wird, was besondere Geschicklichkeit erheischt, so bohrt man damit leicht und ohne allzu sehr Gefahr zu laufen, das Holz zu sprengen oder zu spalten. Der Lochboden ist selbstverständlich kegelförmig, so daß sich die Anwendung dieses Bohrers insbesondere dann empfiehlt, wenn das Arbeitsstück ganz zu durchbohren ist. Das zur Angel zugeschmiedete Ende wird häufig in einen hölzernen Griff eingeschlagen. (S. Abb. 631.)

Der Zentrumbohrer besitzt einen Vorschneidezahn x und eine messerartige Schneide mn von nahezu radialer Lage. Er erhält durch die zentrische Spitze Führung. Der Lochboden fällt eben aus, und bei scharfem Vorschneider x wird die Lochwand ziemlich rein. Der Zentrumbohrer steht sehr häufig in Gebrauch und ist für die Herstellung von Zapfenlöchern, des ebenen Lochbodens wegen, besonders geeignet. (S. Abb. 633.)


Abb. 635.

Der Löffelbohrer, Abb. 632, wird zum Bohren langer Löcher, z. B. in Pfeifenröhren, der Hohlbohrer nach vorbohren mit einem Schneckenbohrer zum Ausbohren von Brunnenröhren verwendet. Der Hohlbohrer ist dem Löffelbohrer sehr ähnlich, doch endet er nicht in eine Spitze, da er nicht aus dem Vollen bohrt. Lange Löcher kleinen Durchmessers lassen sich nicht wohl ohne Führung des Bohrers bohren, weil sich der Bohrer leicht verläuft. Pfeifenröhren werden gewöhnlich auf der Drehbank gebohrt. Das Werkstück ist links in einem Klemmfutter gehalten, rechts durch den Reitnagel, welcher zentrisch durchbohrt ist und dessen Bohrung dem Löffelbohrer als Führung dient. Derselbe wird an seinem Ende, rechts vom Reitstock, gehalten und gegen das Arbeitsstück gedrückt.

Der amerikanische Schraubenbohrer wird zumeist in Verbindung mit einer Holzbohrmaschine angewendet. Abb. 634.

Ein Holzbohrer, welcher bei der Erzeugung von Holzschuhen zum Ausbohren der hierzu bestimmten Klötze mit vorzüglichem Erfolge Anwendung findet, ist durch Abb. 635 dargestellt.

Bohrer für Stein. Als Handwerkzeuge werden zum Steinbohren der Stoß- und Meißelbohrer angewendet, welche bereits besprochen wurden (s. S. 382). Andere Arten von Steinbohrern werden gelegentlich einer kurzen Besprechung der Steinbohrmaschinen am Schlusse dieses Abschnittes behandelt werden.

Von den Bohrgeräten.

Unter Bohrgeräten sind jene Vorrichtungen zu verstehen, mit deren Hilfe die Hand des Arbeiters die Bohrer zur Wirkung bringt.

Die Bohrgeräte müssen gestatten den Bohrer zu drehen und zugleich gegen das Arbeitsstück so zu drücken, das seine Schneide eindringt und Späne abtrennt.

Man unterscheidet Bohrgeräte mit Rückkehr- oder intermittierender und solche mit stetiger Bewegung, die ersteren sind nur zum Bohren kleiner Löcher (Durchmesser 1 bis 4 *mm*) geeignet, mit den letzteren können von Hand aus Löcher von 4 bis 20 *mm* Durchmesser gebohrt werden. Zu den ersteren gehört der Rollenbohrer, die Rennspindel und der Drillbohrer, zu den letzteren die Brustleier, bei dem Tischler Bohrwinde genannt, der Räderbohrer, die Bohrkurbel in Verbindung mit einem Bohrgestelle und die Bohrratsche.

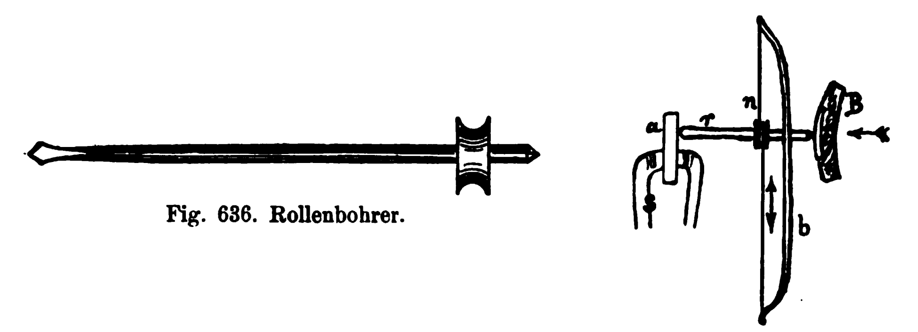


Fig. 636. Rollenbohrer.

Fig. 637. Anwendung des Rollenbohrers.

Der Rollenbohrer ist durch Abb. 636 und seine Anwendungsweise durch Abb. 637 gekennzeichnet, in welcher *a* das im Schraubstocke *S* gehaltene Arbeitsstück, *r* den Rollenbohrer, *n* die um das Röllchen geschlungene Sehne des Bohrbogens *b* darstellt. Das Brustbrett *B* ist mit einer Stahlplatte armiert, welche konische Grübchen zur Aufnahme des konischen Endes des Bohrers besitzt. Während der Arbeiter durch das Brustbrett einen geringen Andruck gibt, zieht er den Bohrbogen hin und her und dreht hierdurch den Bohrer abwechselnd nach der einen und andern Seite. Der Reibungszug der Sehne ist ein geringer und können auf diesem Wege nur Löcher geringen Durchmessers gebohrt werden. Will man tiefe Löcher bohren, so ist der Bohrer öfter aus dem Loche zu ziehen, um die Späne zu entfernen.

Die Rennspindel ist in Abb. 638 dargestellt. Der hölzerne Quersteg läßt sich auf der Spindel auf und ab schieben, seine Enden sind mit einer Sehne oder Schnur verbunden, welche durch das Auge der Spindel gezogen ist. Indem man zunächst den Quersteg um die Spindel kreisen läßt, wickelt man die Sehne auf der Spindel auf; ist dies geschehen, so setzt man die Bohrerspitze an die angekörnte Stelle, wo gebohrt werden soll, und drückt den Quersteg nieder. Dabei geht die Spindel frei zwischen

Zeige- und Mittelfinger, welche auf dem Stege liegen und drücken, hindurch, die Sehne wickelt sich ab und die Spindel wird in Drehung versetzt. Diese Drehung hält infolge der Wirkung der Schwungmasse an, die Sehne wickelt sich in der entgegengesetzten Richtung auf, Quersteg und Hand müssen steigen, letztere natürlich durch die Tätigkeit des Arbeiters, dessen Hand vertikal auf und ab schwingt. Daß auch diese Bohrvorrichtung nur geringe Widerstände überwinden kann, ist wohl leicht begreiflich.

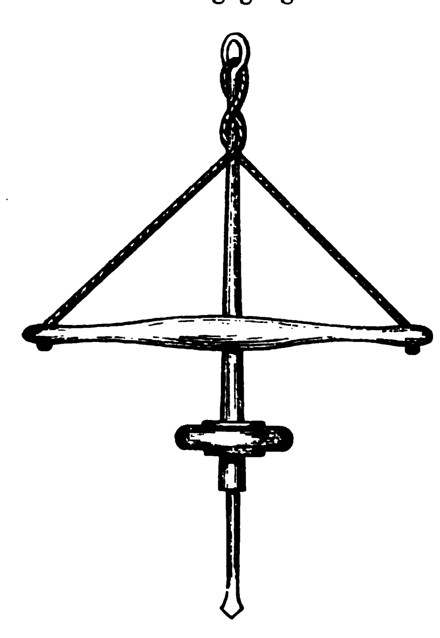


Abb.. 638. Rennspindel.

Der Drillbohrer, Abb. 639, besteht aus einer Bohrspindel *a b*, welche durch gleichmäßiges Verdrehen eines Vierkantstahles oder eines Triebstahles mit einem stark steigenden, mehrfachen Schraubengewinde versehen ist. Die Bohrspindel ist durch einen eingedrehten Hals mit dem Griffe *c*, die Schraubenmutter *f* mit dem gegabelten Handgriffe *g h* verbunden. Durch Betätigung des Handgriffes kann man die Mutter längs der Spindel auf und ab ziehen und dadurch den bei *e* eingesetzten Bohrer *d* bald nach links, bald nach rechts drehen. Das Bohren mit diesem Geräte ist sehr leicht erlernt; die linke Hand hält den Griff *c* und gibt zugleich den Andruck, die rechte betätigt durch *h* die Mutter *f* und bewirkt die Drehung. Der Andruck wird zuweilen auch dadurch gegeben, daß man den Griff *c* gegen

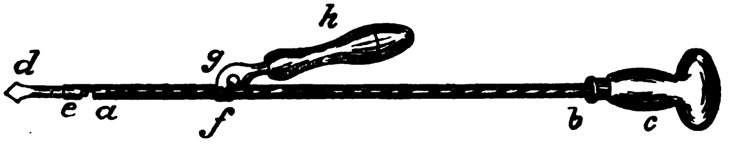


Abb. 639. Drillbohrer.

die Brust (oder Bauch) anlegt und durch diese drückt. — Es sind auch Drillbohrer angefertigt worden, welche stetige Drehung liefern.

Bei der einen Konstruktion ist der Bohrer in eine Hülse gesteckt, welche mit einem Schwungrädchen armiert ist. Diese Hülse ist durch einen eingedrehten Hals mit der Schraubenspindel verbunden, welche einen Sperrkegel trägt, der ein mit dem Schwungrade in Verbindung stehendes Sperrad mitnimmt. Bei der entgegengesetzten Bewegung der Schraube gleitet der Kegel über das Sperrad und dreht sich dasselbe und der Bohrer durch die früher erteilte lebendige Kraft weiter. Sperrad und Sperrkegel können auch bezüglich ihrer Verbindung mit Schraube und Schwungrad vertauscht sein.

Eine zweite Konstruktion wendet eine Schraube an, deren eine Hälfte linkes, deren zweite rechtes Gewinde aufweist. Über die Schraube ist ein Rohr geschoben, etwas

länger als eine dieser Hälften der Spindel und in dieses Rohr sind an beiden konisch ausgedrehten Rohrenden Muttern lose eingelassen, und zwar die eine für das linke, die zweite für das rechte Gewinde. Bewegt man nun das Rohr geradlinig auf der Schraube hin, so klemmt sich diejenige der beiden Muttern, welche in der Richtung der Bewegung die voreilende ist, in ihrem konischen Sitze fest und bewirkt die Drehung.

Bei der Umkehrung der Bewegung tritt die zweite Mutter und damit auch die zweite ein entgegengesetztes Gewinde besitzende Schraube in Wirkung und die Drehungsrichtung bleibt dieselbe, weil sowohl die Richtung der Mutterverschiebung, als die Richtung des Gewindes entgegengesetzt sind. Es wird übrigens von diesen beiden Konstruktionen selten Gebrauch gemacht.

Von den stetig wirkenden Bohrgeräten wird die Brustleier, der Räderbohrer und die Bohrkurbel, letztere in Verbindung mit dem Bohrgestelle, für Löcher von 3 bis 15 *mm*, die Bohrratsche für das Bohren von Löchern von 10 bis 25 *mm* und auch insbesondere dann ange-

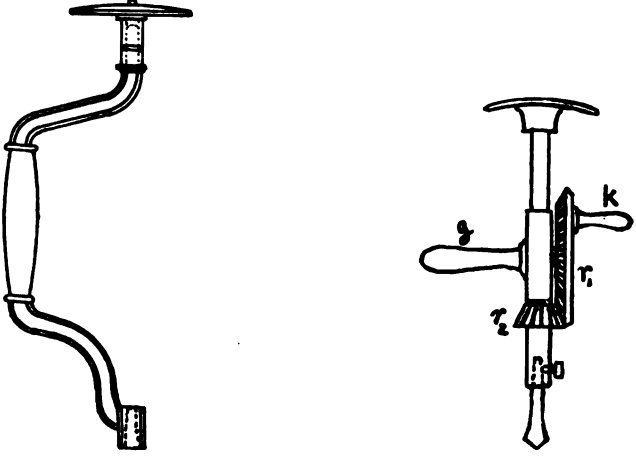


Abb. 640. Brustleier. Abb. 641. Räderbohrer.

wendet, wenn die örtliche Lage des Bohrloches weder die Anwendung der Brustleier noch der Bohrkurbel gestattet.

Die Brustleier zeigt Abb. 640. Ihre Anwendung findet zumeist so statt, daß das zu bohrende Werkstück im Schraubstocke festgehalten, der Bohrer horizontal angesetzt und durch den Andruck unter Drehen der Kurbel zur Wirkung gebracht wird. Für den Arbeiter ist es eine wesentliche Erleichterung, wenn auf die Kröpfung der Kurbel eine Blechhülse aufgesetzt ist, weil hierdurch die Reibung zwischen Hülse und Kurbel erfolgt, die Hand des Arbeiters aber geschont bleibt.

Die Räderbohrer sind Bohrgeräte, bei welchen die Bohrspindel durch Kegelräder $r_1 r_2$ angetrieben wird, eines an der Achse der Handkurbel k, das zweite an der Bohrspindel sitzend. Dieses Bohrgerät besitzt zumeist eine Übersetzung ins Schnelle, weil das treibende Rad größer als das getriebene gewählt wird. Die Anwendung erstreckt sich zumeist auf Löcher unter 6 *mm* Durchmesser. Abb. 641 zeigt eine der handlichsten Konstruktionen.

Die **Bohrkurbel** kann nur in Verbindung mit einem Bohrgestelle angewendet werden. Eine der vielen möglichen Anordnungen zeigt Abb. 642, in welcher *k* die Bohrkurbel, *s* die Druckschraube bezeichnet, mit welcher dem Bohrer der erforderliche Andruck gegeben wird.

Das in unserer Abbildung dargestellte Bohrgestell hat den Vorteil, die Höhenstellung, Ausladung und Richtung der Druckschraube nach Bedarf abändern zu können. Die diesbezügliche Konstruktion ist aus dem Vergleiche der Teilabbildung rechts, mit der Hauptfigur, erkennbar.

Die **Bohrratsche** Abb. 643 ist ein Bohrgerät, bestehend aus einem Sperrade, einem Sperrzahne und einem Arme. In ein viereckiges Loch des

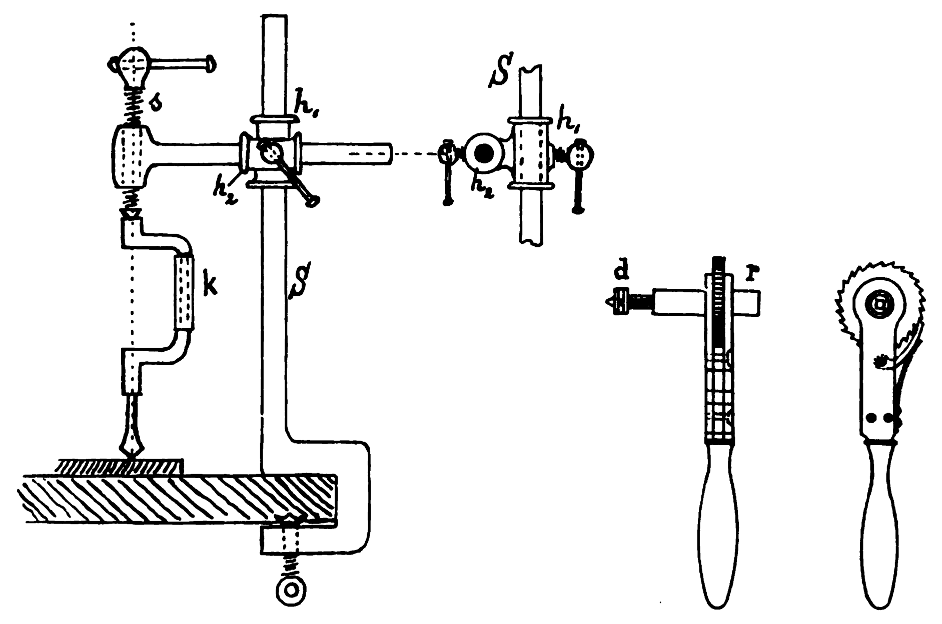


Abb. 642. Bohrkurbel und Bohrgestell.

Abb. 643. Bohrratsche.

Sperrades wird der Bohrer entweder unmittelbar eingesetzt, oder das Sperrad sitzt auf einem Rohre *r*, welches einerseits den Bohrer aufnimmt, anderseits mit einer Druckschraube *d*, welche ihre Mutter in *r* findet und gegen eine feste Stütze sich stemmt, verbunden ist. Bei der Drehung des Armes in dem einen Sinne nimmt der Sperrkegel das Sperrad und den Bohrer mit, bei der entgegengesetzten Drehung gleitet der Sperrkegel über die Zähne des Rades, der Bohrer steht. Man kann mit der Ratsche nahe an einer Wand bohren, weil der Arm nur einen Bogen beschreibt und keine volle Umdrehung macht. Die Ratsche wird oft in Verbindung mit einem Bohrgestelle verwendet. In Abb. 643 ist das Spinnrad mit größerem Durchmesser gezeichnet, als dasselbe gewöhnlich besitzt, um es hervortreten zu lassen.

Alle beschriebenen Bohrgeräte stehen bei der Metallbearbeitung in Gebrauch, nur die Brustleier und der Räderbohrer werden auch auf Holz

zur Anwendung gebracht, erstere dann häufig als Bohrwinde aus Holz angefertigt.

Von den Bohrmaschinen.

Über die allgemeine Anordnung der Bohrmaschinen haben wir bereits S. 399, 400 und 412 gesprochen.

Man unterscheidet Wandbohrmaschinen, freistehende Bohrmaschinen und Radialbohrmaschinen, ferner nach der Lage der Bohrspindel Vertikal- und Horizontalbohrmaschinen. Zum Zwecke

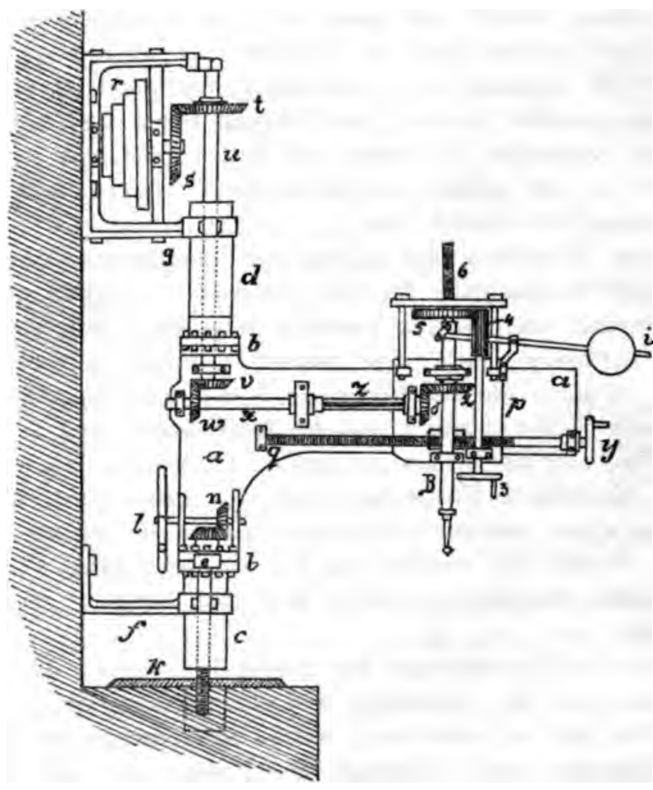


Abb. 644. Radialbohrmaschine.

des Ausbohrens stehen Zylinderbohrmaschinen, welche vertikal oder horizontal angeordnet sein können, in Verwendung.

Für spezielle Zwecke sind besondere Anordnungen in Gebrauch, von welchen für das gleichzeitige Bohren mehrerer Löcher die mehrspindeligen Bohrmaschinen[1]) besondere Erwähnung verdienen.

Im nachfolgenden seien nur wenige Beispiele gegeben. Abb. 644 stellt eine Radialbohrmaschine dar. Der Ausleger oder Radius *a a* ist bei *b b* mit der Drehachse *c d* verbunden, welche in *f g* ihre Lager findet. Hierdurch läßt sich der Ausleger um eine vertikale Achse drehen. Die Bohrspindel *B*

[1]) S. die Schriften von Fischer, Richard und Weiss.

und der gesamte eigentliche Bohrmechanismus ist mit einer Platte *p* (Schlitten) verbunden, welche sich längs des Auslegers durch die Schraube *qy* verschieben läßt.

Sowohl die Drehbewegung des Auslegers um *fg* als die radiale Verschiebbarkeit des Bohrschlittens sind Einstellbewegungen, welche es ermöglichen, den Bohrer über weit voneinander abstehende Punkte des Werkstückes zu bringen. Das Werkstück ist auf einer Bodenplatte entweder nur durch sein Eigengewicht, oder überdies in entsprechenden Schlitzen der Bodenplatte durch Befestigungsschrauben gehalten. Alle Bohrungen mit parallelen Achsen, welche von einer Seite des Werkstückes anzuarbeiten sind, lassen sich erzielen ohne das Werkstück zu verschieben, wodurch die Genauigkeit der Richtung der Bohrlöcher gewährleistet ist, natürlich unter Voraussetzung genauer Lagerung und Führung. Durch die Teile *l*, *n*, *e* und *k* (Speichenrad, Kegelräder, Schraube und Mutter), läßt sich im Bedarfsfalle der Ausleger in eine höhere oder tiefere Lage bringen, falls diese dritte Einstellbewegung erforderlich wird.

Was die Betätigung des eigentlichen Bohrmechanismus betrifft, so haben wir die Mechanismen für die rotierende Bewegung der Bohrwelle (Arbeitsbewegung) und für den Vorschub derselben (kontinuierliche Schaltbewegung) zu unterscheiden. Die rotierende Bewegung wird erzielt vom Stufenkegel *r*, durch die Kegelräder *s*, *t*, Welle *u*, die Kegelräder *v*, *w*, die verlängerbaren Wellen *x* und *z* und die Kegelräder 1 und 2. Hier ist nur hervorzuheben, daß die Wellen *x z* so eingerichtet sind, daß sich die Vollwelle *z* in die dickere Hohlwelle *x* ein- und ausschieben läßt, wenn der Bohrschlitten *p* am Ausleger verschoben wird. Im Bedarfsfalle schaltet man drei solcher Wellen ein, welche sich wie die Rohre eines Fernrohres verschieben lassen, überdies aber durch Keil und Längsnut miteinander verbunden sind.

Für die Vertikalbewegung der Bohrspindel dienen das Handrad 3, die Zahnräder 4, 5, die Schraube 6 und das Gegengewicht *i*. Hierbei sitzt das Rad 5 fest auf der Schraube 6, welche im Querstege ihre Mutter findet.

Die Schraube endet unterhalb des Rades 5 in eine Körnerspitze, welche in ein Grübchen am oberen Ende der Bohrspindel drückt und dieselbe nach abwärts dann bewegt, wenn die Schraube 6 nach unten geschraubt wird. Damit hierbei der Eingriff der Räder 4, 5 erhalten bleibt, ist Rad 4 so lang als die maximale Bohrlänge. Das Gegengewicht *i* bewirkt stetes Anliegen der Bohrspindel an dem Körner und daher auch den Hub der Bohrspindel, wenn das Handrad 3 so gedreht wird, daß Schraube 6 steigt.

Statt dieses von Hand aus zu betreibenden Schaltmechanismus könnten auch die auf S. 412, 413 gezeichneten selbsttätigen Schaltmechanismen Anwendung finden, in welchem Falle zwischen der Achse *x* und dem Rade *r*, Abb. 527, S. 412, eine entsprechende Verbindung herzustellen wäre.

Eine solche zeigt Abb. 645 I, wobei mit *x* die treibende Welle, mit *r* das früher genannte Rad zu verstehen ist. An der Welle *w* befindet sich

die Schnecke *s*, welche das Mutterrad *m* betätigt. Da jedoch *m* lose auf der vertikalen Welle *w'* sitzt, so muß das Mutterrad mit der Welle gekuppelt werden. Zu diesem Zwecke hat *m*, Abb. 645 II, eine konzentrische schwalbenschwanzförmige Nut, in welcher der passend dazu gestaltete Kopf einer Schraube sich befindet. Durch Anziehen der Flügelmutter m_1 wird das auf *w'* fest aufgekeilte Handrad *h* mit dem Mutterrade *m* gekuppelt und daher die verlangte selbsttätige Bewegung von *w'*, r_0 und *r* erzielt.

Statt der beschriebenen können auch andere Kupplungen angewendet werden.

Löst man die Kupplung, so kann die Bohrspindel vom Handrade *h* aus rasch auf oder ab bewegt werden, wovon beim Beginne und nach Beendigung des Bohrens stets Gebrauch gemacht wird.

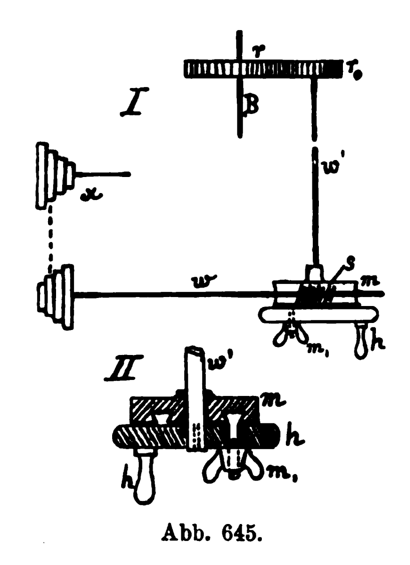


Abb. 645.

Die Zylinderbohrmaschinen haben die Aufgabe, die durch den Guß hergestellten Dampf- und Pumpenzylinder auszubohren. Da der Hohlraum dieser Gußstücke oft bedeutenden Durchmesser besitzt, so ist es meist erforderlich, mit der Bohrspindel einen Bohrkopf zu verbinden, in welchem die Werkzeuge befestigt werden. Die Verbindung kann entweder eine starre sein, dann bewegen sich beide gemeinsam, oder es ist der Bohrkopf verschiebbar auf der Bohrwelle angebracht, dann rotiert die Bohrwelle am Orte, der Bohrkopf rotiert mit, verschiebt sich aber gleichzeitig langsam auf der Bohrwelle. Die zweite Anordnung ist für das Bohren größerer Zylinder die gebräuchlichere, weil sie geringeren Aufstellungsraum erheischt.

Eine vertikale Zylinderbohrmaschine zeigt Abb. 646, eine horizontal angeordnete Abb. 647.

In Abb. 646 ist mit *B* der Bohrkopf, mit *w* die Bohrwelle bezeichnet. Letztere ist hohl und besitzt einen breiten Längsschlitz, durch welchen ein Fortsatz des Bohrkopfes tritt, in welchem die Schraube *s* ihre Mutter findet. Der Bohrkopf besteht zum Zwecke der Anpassung an den Durchmesser des Zylinders aus den Teilen *x* und *y* und sind verschieden große Köpfe *y* vorrätig, welche nach Bedarf mit *x* verbunden werden. Der Mechanismus für die rotierende Bewegung besteht aus dem Stufenkonus *a*, dem Vorgelege *bcde*, der Welle *f*, den Kegelrädern *g*, *h* und den Stirnrädern *i*, *k*.

Zu dem Mechanismus für die fortschreitende Bewegung des Bohrkopfes *B* an der Bohrspindel gehört der mit der Bohrwelle verbundene Arm *n*, welcher eine kurze Achse mit den beiden Zahnrädern *o*, *q* trägt. Bei Drehung der Bohrwelle und des Armes *n* wälzt sich *o* auf dem am

Lager festgeschraubten verzahnten Ringe p und macht daher um die Hauptachse eine Planetenbewegung. Die Drehungsrichtung des Rades o ist infolge der Einwirkung des fixen Rades p entgegengesetzt der Richtung der Drehung des Armes n und, da q von o seine Bewegung erhält, so wird q gleichfalls

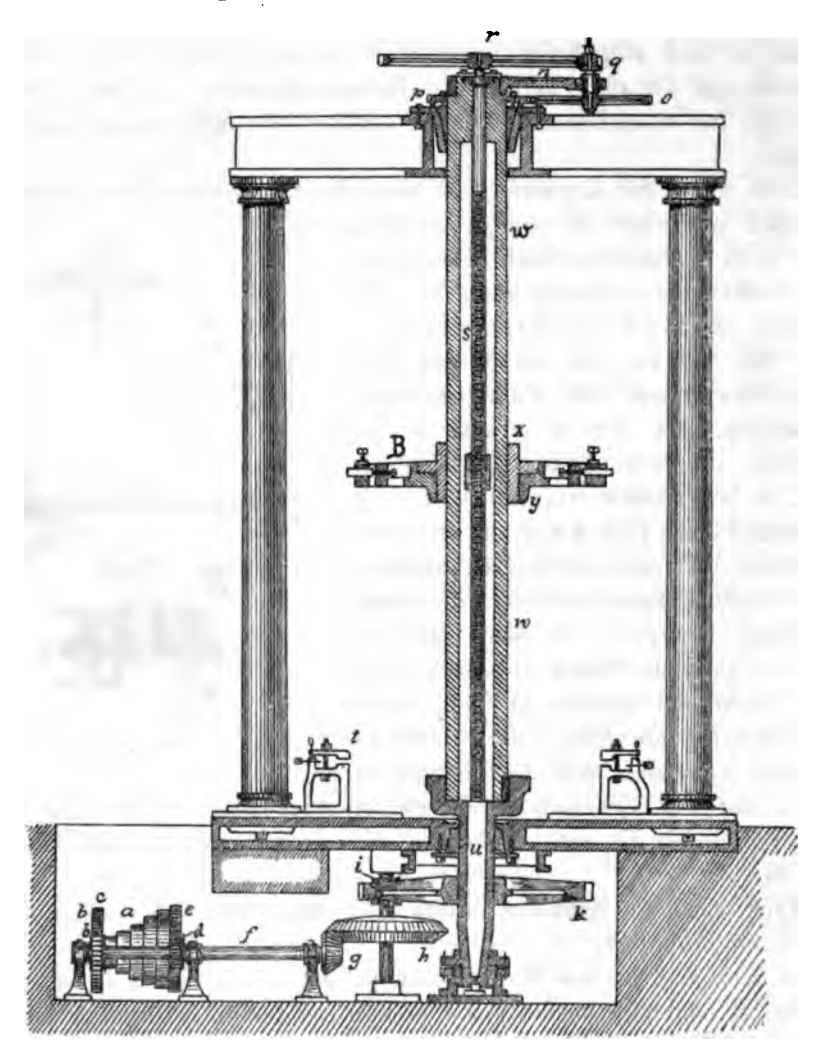


Abb. 646. Vertikale Zylinderbohrmaschine.

die entgegengesetzte Bewegung machen, daher legt r bei einer Umdrehung von n keine volle Umdrehung zurück. Betrügen die Zähnezahlen von p, o, q und r der Reihe nach 40, 60, 12 und 100, so werden auf eine Umdrehung der Bohrwelle $\frac{92}{100}$ Umdrehungen der Schraube kommen; der auf eine Umdrehung entfallende Vorschub des Bohrkopfes wird daher $\left(1 - \frac{92}{100}\right)$,

d. i. $\frac{8}{100} = \frac{2}{25}$mal der Ganghöhe (Steigung) der Schraube sein. Dieser Vorschub entspricht der Spandicke.

Soll der auszubohrende Zylinder in die Maschine gesetzt werden, so ist die Bohrwelle nach oben aus dem Unterteile *u* und aus der Maschine zu heben. Die Art der Befestigung des Zylinders richtet sich nach seiner äußeren Gestalt; besitzt er Flanschen, so kann die Befestigung durch die Klemmen *t* erfolgen. Die richtige zentrische Aufspannung erfordert Aufmerksamkeit und Gewandtheit.

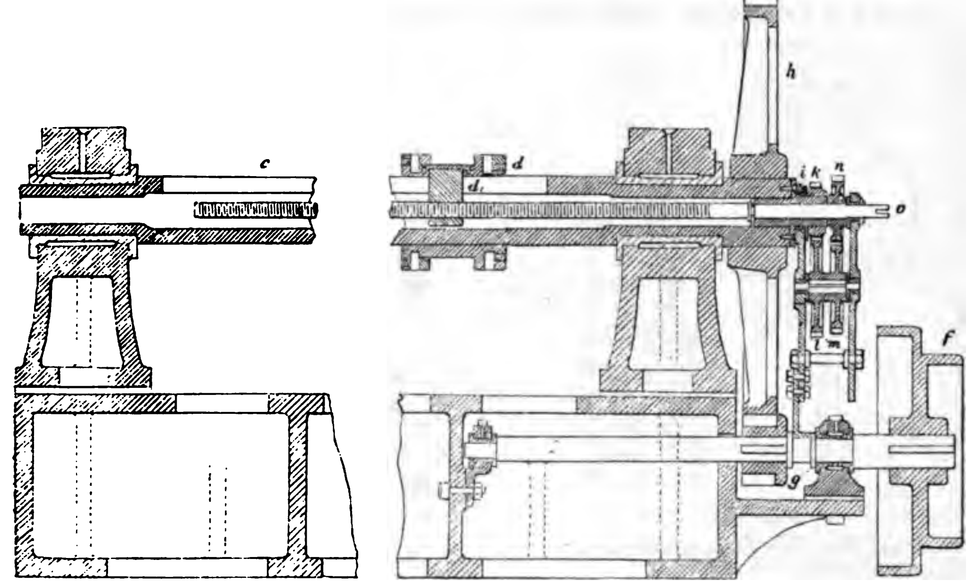


Abb. 647. Horizontale Zylinderbohrmaschine.

Die in Abb. 647 dargestellte **horizontale Zylinderbohrmaschine** erhält ihre Arbeitsbewegung durch die Teile f, g und h, ihre Schaltbewegung hingegen durch die Differenzräder k, l, m und n. Die Abb. 647 und insbesondere die Detailabb. 648 lassen deutlich erkennen, daß das Rad k durch den Teil i in feste Verbindung mit der Bohrwelle gesetzt ist, mithin von dieser angetrieben wird. Die Räder l, m sitzen gemeinsam auf einer kurzen Welle, und von dem Rade m wird das an der Schraube o aufgekeilte Zahnrad n angetrieben. k und m sind demnach die treibenden, l und n die getriebenen Räder und durch $\frac{km}{ln}$ ist das Umsetzungsverhältnis gegeben, wenn diese Buchstaben zugleich die Zähnezahlen der Räder bezeichnen.

Für $k = 30$, $l = 50$, $m = 48$, $n = 32$ erhalten wir $\frac{30 \cdot 48}{50 \cdot 32} = \frac{3 \cdot 3}{5 \cdot 2} = \frac{9}{10}$, der relative Vorschub des Messerkopfes pro Umdrehung beträgt demnach $\frac{1}{10}$ der Ganghöhe der Schraube.

Langlochbohrmaschinen.

Das prinzipiell Wesentliche der Langlochbohrmaschinen wurde bereits früher hervorgehoben (S. 400) und wir wissen daher, daß sich der Bohrer kontinuierlich dreht, daß der Bohrschlitten eine zur Bohrspindel senkrechte Bewegung macht und daß die Bohrspindel, am Ende des Langloches angelangt, die Schaltbewegung erhält.

Betrachten wir die Type, Abb. 489, S. 400,[1]) etwas näher nach den drei Hauptaufgaben, so kann Abb. 649 den Antriebsmechanismus der Bohrspindel darstellen. Vom Stufenkonus f geht die Bewegung durch die Räder g, h auf die Nutwelle h und durch die Kegelräder i, k auf die Bohrwelle,

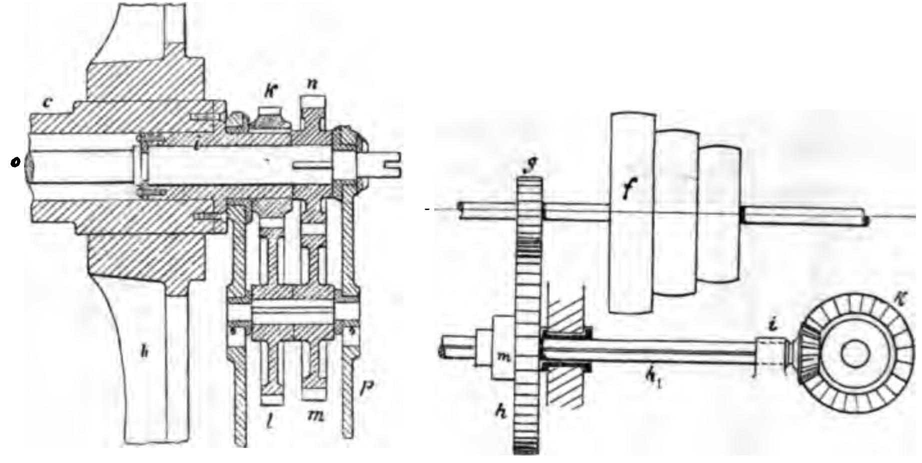


Abb. 648.
Detail zur Zylinderbohrmaschine.

Abb. 649. Antrieb der Bohrspindel der Langlochbohrmaschine.

denn k ist auf dieselbe gekeilt. Weil aber der Bohrschlitten und somit auch die Räder i, k entlang dem Langloche sich hin und her bewegen, so ist die Welle h mit einem eingedrehten Halse im Lager bei i, welches einen Fortsatz des Bohrschlittens bildet, gefaßt; ferner ist die Welle h_1 genutet und zieht sich durch die Räder m, h, welche durch den Hauptständer am Orte gehalten sind. Die Nutwelle h_1 ist abgebrochen gezeichnet und nach links, entsprechend dem maximalen Wege des Bohrschlittens, fortgesetzt zu denken.

Der Mechanismus für die Rückkehrbewegung des Bohrschlittens ist bei dieser Maschine deshalb etwas komplizierter, weil trotz Anwendung der Kurbel angestrebt wird, die Geschwindigkeit des Hin- und Herganges tunlichst gleichförmig zu gestalten. Griffe ein gleichförmig rotierender Kurbelzapfen in einen Vertikalschlitz des Bohrschlittens s, so erhielte man die Sinusversusbewegung und in der Nähe der toten Punkte würde der Schlitten sich sehr langsam bewegen. Um dies zu vermeiden erhält die Kurbel gerade an den toten Punkten die größte Geschwindigkeit. Abb. 650 und 651 stellen den angewendeten Mechanismus dar.

---

[1]) Konstruktion der Maschinenfabrik Zimmermann; s. Hart, Werkzeugmaschinen, Taf. 30.

Vom Rade m an der Nutwelle h_1 geht die Bewegung auf das Zahnrad m_1, die Stufenscheiben n, n_1 und die Welle $n_1 p$ über, an dieser Welle sitzt ein Wurm, welcher das Wurmrad p und dadurch die Achse p_1 betätigt. Auf dieser Achse ist das Rad q exzentrisch aufgekeilt und übereinstimmend damit auch das Exzenter q_1, dessen Durchmesser gleich dem Teilkreisdurchmesser des Rades q ist. Abb. 650 stellt diese Teile im Grundrisse dar. Vertikal über dem Rade q_1 befindet sich die Kurbelachse s, mit Zahnrad r. Abb. 652. Da ein exzentrisches Zahnrad mit einem zentrisch angeordneten Zahnrade nur dann im Eingriffe stehen kann, wenn der Achsenabstand seine entsprechende Regulierung findet, so sind die Lager der Achse s_1 in Vertikalschlitzen des Ständers angeordnet und es ist ein Bund der Achse s_1 von der Exzenterstange x umgriffen und hierdurch der

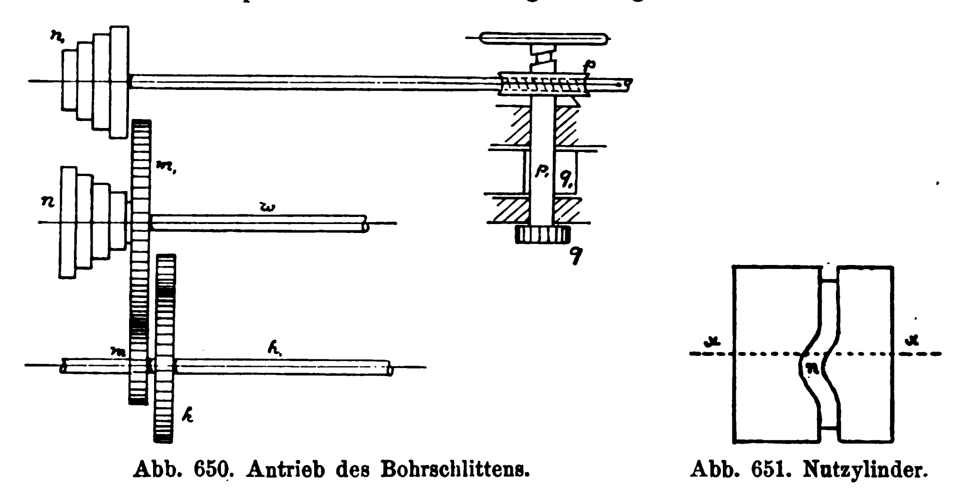


Abb. 650. Antrieb des Bohrschlittens.

Abb. 651. Nutzylinder.

Achsenabstand entsprechend den übereinstimmend veränderlichen Radien von q und q_1 geregelt.

Das Zahnrad q hat genau den halben Durchmesser von r und es steht infolge entsprechender Aufkeilung so, daß es mit dem maximalen Radius wirkt, wenn die Kurbel in einem der toten Punkte steht. Die Kurbel gestattet die Einstellung des Kurbelzapfens im Schlitze nach Maßgabe der Langlochlänge ($l = 2r$); der Kurbelzapfen greift in einen Vertikalschlitz des Bohrschlittens.

Die Schaltbewegung der Bohrspindel hat zu erfolgen, wenn der Bohrer an einem Ende des Langloches, die Kurbel daher im toten Punkte angelangt ist. Diese Bewegung wird von einem Nutzylinder abgeleitet, welcher neben dem Mutterrade p an der Achse p_1 angebracht ist. Durch die vorstehende Abb. 651 ist derselbe etwas größer dargestellt und die Gestalt der Nut läßt erkennen, daß die Schaltung durch ein kurzes Bogenstück erfolgt. Der Nutzylinder wird so aufgekeilt, daß der Punkt n der Kurve zur Wirkung gelangt, wenn die Kurbel auf dem toten Punkte steht. In die Nut greift ein Zapfen (Röllchen) ein, welcher am Ende eines Hebels an-

gebracht ist; die Schwingung des Hebels wird durch einen Mechanismus, ähnlich dem in Abb. 611, S. 463, gezeichneten, auf ein Schaltrad übertragen, von welchem aus mittels Räderübersetzung jene Mutter ruckweise gedreht wird, die in bekannter Weise die Vertikalbewegung der Bohrspindel bewirkt.

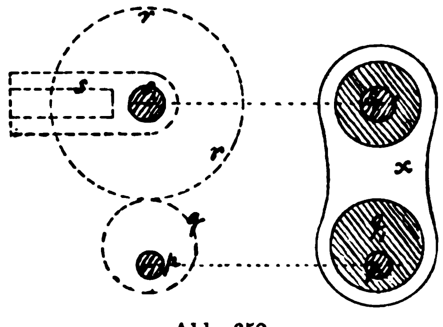


Abb. 652.

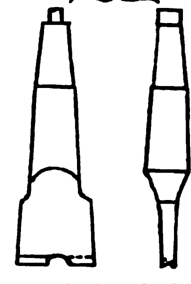


Abb. 653. Langlochbohrer.

Die für Langlöcher anzuwendenden Bohrer müssen eine besondere Form besitzen, weil der Langlochboden eben sein soll. Die nebenstehende Abb. 653 zeigt eine sehr gebräuchliche Form eines Langlochbohrers, welche sich von den gewöhnlichen Metallbohrern wesentlich dadurch unterscheidet, daß statt der Spitze eine Vertiefung sich findet. Langlöcher können mit Zeitersparnis auch gefräßt werden. S. Fräsen.

Horizontale Bohrmaschinen.

Horizontale Bohrmaschinen werden zum Ausbohren von Lagern, kleinen Zylindern u. dgl. häufig mit großem Vorteile angewendet. Die Bohr-

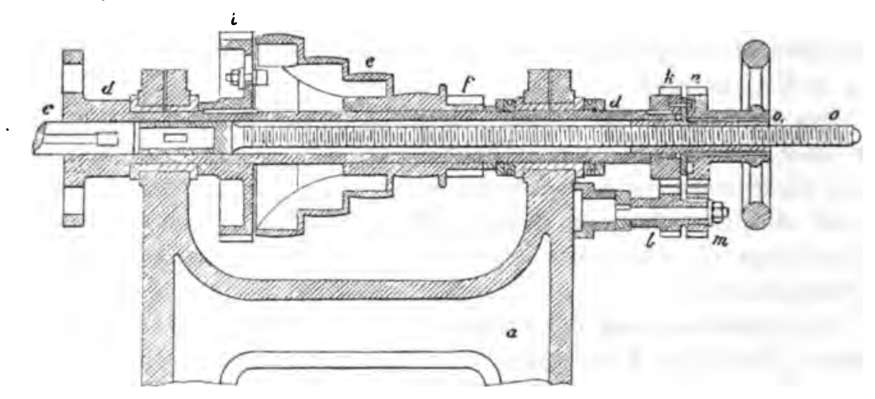


Abb. 654. Spindelstock einer Horizontalbohrmaschine.

welle erhält sowohl die Arbeits- als die kontinuierliche Schaltbewegung. Das Werkzeug wird in einem Schlitze derselben durch einen Keil befestigt oder man verbindet mit der Bohrwelle einen Messerkopf. Abb. 654 stellt nicht die ganze Maschine, sondern nur den Bohrmechanismus vor. Die Bohrwelle *c* ist nach links um die Länge der Abbildung verlängert zu denken;

sie ist in einer Lünette (Hilfslager, Setzstock) gelagert, welche entweder am Tische oder Arbeitsstücke befestigt wird. Der Tisch kann ähnlich jenen bei Vertikalbohrmaschinen gebräuchlichen Tischen zwei horizontale und eine vertikale Einstellbewegung erhalten, auch kann man die aufeinander senkrechten Horizontalbewegungen mit Schaltmechanismen verbinden (vgl. Hart, Taf. 26). Die Bohrwelle c ist durch Keil und Längsnut mit der Hohlwelle d verbunden, auf welcher das Rad i aufgekeilt ist. Der Antrieb erfolgt wie bei Drehbänken, vgl. S. 422, Abb. 561, mit oder ohne Einschaltung des Vorgeleges. Mit der Bohrspindel ist durch Muffe und Keil die Schraube o verbunden, dieselbe macht somit die Drehungen der Bohrspindel mit. Da der Vorschub der Bohrwelle jedoch langsam erfolgen muß, ist die am Orte gehaltene Mutter o_1 in gleicher Richtung mit einer Geschwindigkeit zu drehen, welche wenig verschieden von der Geschwindigkeit der Bohrwelle ist. Dies erreicht man durch die in ihrer Wirkung bereits bekannten Differenzräder $klmn$, von welchen k mit d und n mit der Mutter o_1 fest verbunden ist. Die Räder lm, an gemeinsamem Rohre sitzend, lassen sich durch Drehung der exzentrischen Kernspindel ausrücken und dann kann die Mutter o_1 durch das Handrad gedreht und die Bohrwelle rasch zurückgezogen werden. Löst man, wenn die Räder lm ausgerückt sind, die Verbindung zwischen Bohrwelle und Schraube und entfernt erstere, so kann die Maschine als Drehbank benützt werden. Man verbindet dann mit d eine Planscheibe und setzt auf den Tisch einen Support.

Steinbohrmaschinen und Tiefbohrung.

Die Steinbohrmaschinen[1]) haben die Aufgabe, die Bohrlöcher für das Sprengen herzustellen und werden insbesondere dort angewendet, wo es sich beim Tunnelbau und Bergbau um gleichzeitige Herstellung mehrerer Bohrlöcher in die Stirnwand des Stollens (vor Ort) handelt. Es arbeiten mehrere Steinbohrmaschinen, welche auf einem fahrbaren Gestelle angebracht sind, gleichzeitig. Das Konstruktionsprinzip der Steinbohrmaschinen ist ein zweifaches, entweder wirkt ein Bohrmeißel stoßend oder ein eigentlicher Bohrer durch Drehung und Andruck.

Mit dem Bohrmeißel arbeiten die sogenannten Perkussions- oder Stoßbohrmaschinen. Der Meißel ist an der Stange eines Kolbens befestigt, welcher im Zylinder gewöhnlich durch komprimierte Luft hin und her bewegt wird. Nach jedem Stoße ist der Meißel etwas zu verdrehen, „zu setzen“; das Bohrmehl wird durch eingespritztes Wasser aus dem Loche entfernt und die Maschine auf dem Gerüste entsprechend dem tieferen Eindringen des Meißelbohrers ruckweise vorgeschoben. Man arbeitet gewöhnlich anfangs mit kürzeren Bohrmeißeln und wechselt sie im weiteren Fortgange der Arbeit gegen längere aus. Bei solcher Auswechslung wird die Maschine zurückgezogen. Die gespannte Luft wird außerhalb des Tunnels oder

[1]) Stapff, Gestein bohrmaschinen. — Rziha, Tunnelbau.

Stollens durch Kompressoren[1]) erzeugt, durch eine Rohrleitung vor Ort geführt und wirkt bei ihrem Austritte aus den Bohrmaschinen ventilierend. Hierdurch wird andere künstliche Ventilation („Wetterführung“) erspart. Eine der vollkommensten Perkussionsbohrmaschinen ist die Someillier's, welche beim Mont-Cenis Anwendung fand.

Die rotierend wirkenden Steinbohrmaschinen lassen sich in drei Gruppen teilen:

1. Bohrmaschinen auf weiche Steine, Gips, Kohle u. dgl., welche den Holzbohrmaschinen ähnlich sind.

2. Bohrmaschinen, in deren Bohrkrone Karbon (schwarzer Diamant) eingesetzt ist.

3. Bohrmaschinen mit einer Bohrkrone aus Stahl, welche mit langsamer Drehung bei sehr hohem Andrucke arbeiten. System Brandt.[2])

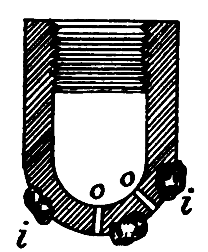



Abb. 655. Vollbohrer.

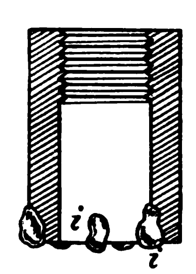
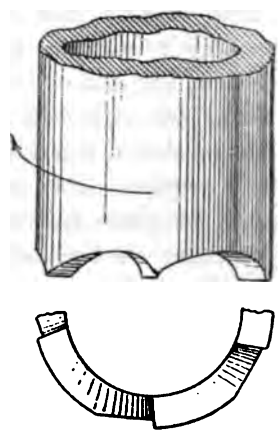


Abb. 656. Kernbohrer.


Abb. 657. Brandt's Bohrer.

Zur zweiten Gruppe gehört die Maschine von De la Roche-Tolay,[3]) bei welcher durch Perrét's Wassersäulenmaschine die rotierende Bewegung des Bohrers erzielt wird, so wie auch der Vorschub der Bohrspindel und das Zurückziehen derselben durch hydraulischen Druck erfolgt. Die hierbei verwendeten Werkzeuge sind entweder Vollbohrer Abb. 655 oder Kernbohrer Abb. 656. In beiden Abbildungen bedeuten die mit *i* bezeichneten Teile die in den Kopf eingesetzten Diamanten, während *o*, *o* Bohrungen darstellen, durch welche aus der hohlen Bohrspindel Wasser ausgetrieben wird, um den Bohrschmand wegzuführen und so das Bohren zu erleichtern.

Das System Brandt's ist konstruktiv mit der Maschine von De la Roche verwandt und praktisch von bestem Erfolge. Als motorische Substanz wird gleichfalls Wasser (von 50 bis 200 Atmosphären Druck) der Bohrmaschine zugeführt und bewirkt dasselbe die langsam rotierende Bewegung

[1]) Siehe Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterb., 2. Bd., S. 396.

[2]) Riedler, Brandt's hydraulische Gesteinbohrmaschine. Wien 1877.

[3]) Stapff, Gesteinbohrmaschinen, Taf. X.

des Bohrers unter sehr hohem Andruck und die Entfernung des Bohrmehles aus dem Bohrloche.

Brandt und alle jene, welche sein System mit einigen Abänderungen anwenden, benutzen einen Bohrer nach Abb. 657, wodurch unmittelbar ein ringförmiges Loch erbohrt wird. Der Bohrkern wird von Zeit zu Zeit aus dem Bohrer entfernt.

Tiefbohrung.[1]) Diese Benennung bezeichnet jenes lotrechte Bohren tiefer Löcher (bis 500 *m*), welche bestimmt sind, Wasser zu liefern (artesische Brunnen), oder die geologische Beschaffenheit der tieferen Schichten des Terrains zu erschließen.

Es werden auch hier Bohrmaschinen verwendet, welche entweder durch den Schlag fallender, oft sehr großer, verschieden geformter Meißel wirken, Freifallbohren, oder rotierende, mit Karbon armierte Bohrkronen anwenden.

Es wird nicht schwer sein einzusehen, daß es unmöglich ist, ein 100 bis 500 *m* tiefes Loch in gleicher Weite zu bohren, denn ein so langes Bohrgestänge würde sich im Loche verzwängen müssen und es würden auch Einbrüche, insbesondere durch wasserführende Schichten bedingt, eintreten.

Es ist daher nötig, das Bohrloch oben weiter zu halten und stufenweise den Durchmesser abnehmen zu lassen. Ferner ist es nötig, die Wand des Bohrloches zu stützen, was durch Eintreiben von Eisenrohren in das gebohrte Loch geschieht. Man verrohrt derart, daß man in ein auf mäßige Tiefe gebohrtes Loch zunächst ein Rohr eintreibt, dann mit demselben Bohrer weiter bohrt, ein zweites Rohr gleichen Durchmessers auf das erste setzt (schraubt) und nachtreibt und so lange fortfährt, als es möglich ist, noch den Reibungswiderstand an der Bohrlochwand zu überwinden. Sitzt der erste Rohrstrang fest, so führt man in denselben einen zweiten, wenig kleineren ein und bohrt nun mit Werkzeugen weiter, welche dem Innendurchmesser des zweiten angepaßt sind. Man treibt dann den zweiten Rohrstrang so lange nach als möglich, geht dann zu einem dritten über usw.

Das Tiefbohren ist von außerordentlicher Wichtigkeit sowohl für den Bergbau als zur Wasserbeschaffung, es bedarf jedoch besonderer Vorrichtungen und Erfahrungen.

IV. Sägen.

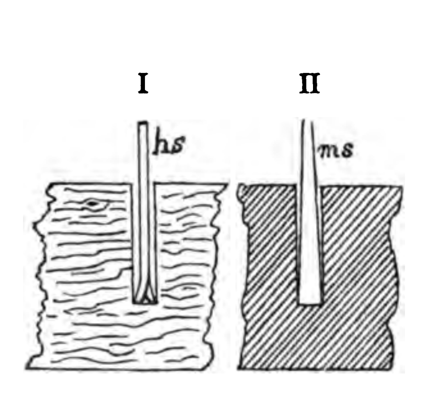
Sägen sind Werkzeuge aus Stahlblech mit vielen schneidenden Zähnen, welche hintereinander an der geraden oder gekrümmten Blechkante angebracht sind und zur Wirkung gelangen. Indem die Sägezähne nacheinander in der Richtung der Bewegung des Sägeblattes wirken und jeder Zahn Späne nimmt, so besteht die Wirkung in dem allmählichen Bilden eines Einschnittes, in welchem sich das Sägeblatt bewegt. Mag die Säge bestimmt

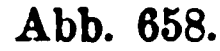
[1]) Zu erster Orientierung s. Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterbuch, 9. Bd., S. 464. Ausführliches in Spezialwerken, wie Tecklenburg, Handb. d. Tiefbohrkunde. Leipzig, Baumgärtner 1887. Fauck, Anleitung zum Gebrauche des Erdbohrers, 1877. Mit 2 Supplementen. 1885, 1889.

sein Holz oder Metall zu schneiden, nie wird sie eine vollkommen glatte Schnittfläche liefern, und soll sich die Seitenwand der Säge nicht im Schnitte reiben und klemmen, so muß die Einschnittbreite größer sein als die Blattdicke.

Dies erreicht man entweder dadurch, daß man die Sägezähne abwechselnd rechts und links vom Sägeblatte durch seitliche Biegung, schränken der Säge, über die Blattfläche vorragen läßt, oder dadurch, daß man das Sägeblatt an der verzahnten Kante dicker hält oder endlich auch dadurch, daß man die Sägezähne staucht.

Das Schränken wird in der Regel bei den Holzsägen angewendet, während bei den Metallsägen häufig Sägeblätter angewendet werden, deren Dicke gegen die Zahnseite zunimmt. Die Abb. 658 I und II zeigen den Schnitt einer geschränkten Säge und jenen einer Säge, deren




Abb. 658.

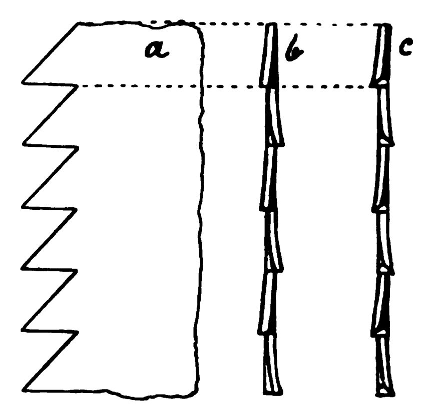


Abb. 659 Geschränktes Sägeblatt.

Blatt an der Seite der verzahnten Kante dicker gehalten ist und allmählich gegen den Rücken schwächer wird. Die Abb. 659 *a*, *b* und *c* zeigt eine geschränkte Säge in zwei Ansichten, wobei die Stirnansicht *b* und *c* zwei verschiedene Schärfungsarten der Zähne darstellt, Abb. 659 *b* mit 90° Schneidwinkel, Abb. 659 *c* mit 45° Schneidwinkel.

Die zweite Zuschärfung liefert wohl besser schneidende Zähne, ist jedoch wesentlich umständlicher herzustellen und wird daher seltener angewendet.

Einige sehr gebräuchliche Sägezahnformen zeigt Abb. 660.

Die Verzahnungen, Abb. 660 *b*, *c* sind von jener bei *a* insbesondere dadurch unterschieden, daß die Zwischenräume der Zähne größer sind, wodurch die Späne besseren Raum finden. Daß die lockeren Sägespäne einen weit größeren Raum einnehmen, als ihr Material vor dem Schnitte eingenommen hat, ist wohl selbstverständlich. Finden die Späne in der Zahnlücke nicht reichlich Raum, so zwängen sie sich in der Zahnlücke ein und erschweren das Sägen.

Wird die Säge von Hand aus betätigt, rührt daher der Gesamtdruck, welchen die arbeitenden Zähne ausüben, von der Muskeltätigkeit des

Arbeiters her, so reguliert sich der Sägevorgang sozusagen von selbst. Würden die Späne nicht reichlich Raum finden, so bedingen sie einen so bedeutenden Widerstand, daß der Arbeiter von selbst schwächer andrückt. Anders verhält sich die Sache bei dem maschinellen Betriebe; hier muß der auf einen Sägezahn entfallende Vorschub der Säge so bemessen werden, daß unnötige, von gepreßten Spänen herrührende Widerstände vermieden werden, und es muß auch der Weg des Sägeblattes größer gewählt werden als die Dicke des Holzes, damit jeder Zahn über die Schnittfläche hinaus tritt und die Späne auswerfen kann.

Die Dicke der Hölzer, wie sie meist in den Tischlereien geschnitten werden, ist im Vergleiche mit der Bewegungslänge der Säge klein und kann es hierbei nicht eintreten, daß mehrere Zähne im Einschnitte sich hin und her bewegen ohne aus demselben auszutreten; wenn jedoch ein Baum zu Brettern geschnitten wird, dann kann bei großem Durchmesser des Baumes

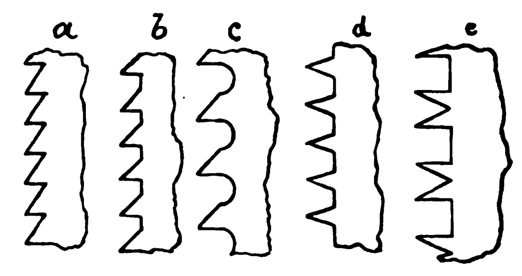


Abb. 660. Sägezahnformen.

der Hub der Säge (Brettsäge, Gattersäge s. u.) kleiner als der Durchmesser des Blockes sein und das Auswerfen der Späne findet unvollkommen statt.

Der Vorschub der Säge pro Schnitt mal Schnittlänge und Breite gibt das Volumen des beseitigten Holzes pro Schnitt, dieses mit der Verhältniszahl von Spanvolumen zu Holzvolumen (2 bis 5) multipliziert, gibt das Volumen der Späne. Dieses darf nicht größer sein als der Raum der Zahnlücken der wirkenden Zähne.

Sägen, deren Zähne nach Abb. 660 *a*, *b*, *c* hergestellt sind, schneiden nur nach einer Richtung, jene nach *d* und *e* verzahnten nach beiden Bewegungsrichtungen. Die letzteren wendet man zumeist nur bei den Quersägen, Abb. 661, an, welche von zwei Arbeitern abwechselnd gezogen zum Abschneiden von Stämmen senkrecht zur Längsrichtung dienen.

Für den Längsschnitt von Stämmen bedient man sich in dem Falle, wo Handarbeit angewendet werden muß, der sogenannten Schrotsäge, Dielensäge, welche ein $1^1/_2$ bis 2 *m* langes Blatt besitzt und von drei Arbeitern betätigt wird. Der zu schneidende Block liegt auf hohen Böcken, ein Arbeiter steht auf dem Blocke und hat die Säge an einem kurzen Doppelquergriffe mit beiden Händen zu heben und zu führen, während zwei Arbeiter unten an einem langen Doppelquergriff die Säge, deren Zähne nur beim Niedergange schneiden, zur Wirkung bringen. Das Blatt dieser

Säge ist oben breiter als unten, so daß die verzahnte Kante bei vertikal geführtem Rücken von der Lotrechten abweicht oder gegen die Schnittseite überhängt. Man nennt dies den Anlauf oder den Busen der Säge und von ihm ist die Schnittlänge pro Zug (Niedergang) abhängig. Die Schrotsäge ist nur ganz ausnahmsweise in Anwendung, zuweilen zu dem Zwecke gekrümmtes Schnittholz herzustellen.

Zu den vom Tischler meist gebrauchten Handsägen gehört die Örtersäge, Abb. 662. Das Sägeblatt erhält seine Spannung entweder durch einen

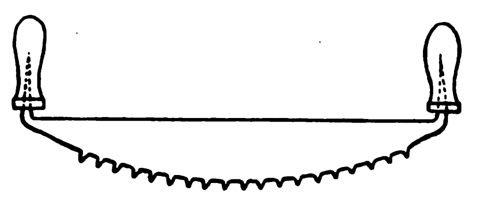


Abb. 661. Quer- oder Bauchsäge.

mittels durchgesteckten Keiles zusammengedrehten Strick, oder durch ein Zugstängelchen (Draht), auf dessen Ende ein Gewinde geschnitten ist, dessen Mutter sich außen an eines der kürzeren Querhölzer (Arme, Hörner) anlegt.

Die Hörner sind in den gabelförmigen Enden des Stockes oder Steges eingelegt und können sich zum Stege etwas schräg stellen, wenn die Span-

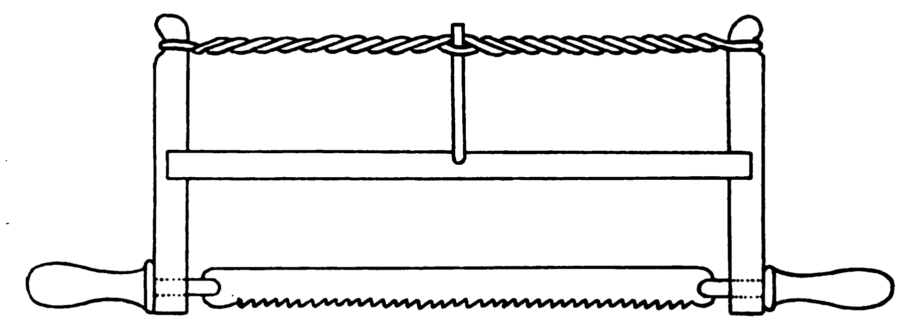


Abb. 662. Oertersäge.

nung dies verlangt. Das Sägeblatt ist durch Nieten beiderseits je mit einem Zapfen verbunden, welcher drehbar in einem Loche des Querholzes steckt. Faßt man die Griffe dieser beiden Zapfen und dreht man dieselben, so verdreht man auch das Sägeblatt und kann es zur Mittelebene des Rahmens schräg oder auch senkrecht stellen. Hiervon wird insbesondere dann Gebrauch gemacht, wenn man tiefe Einschnitte, bei welchen der Steg bei normaler Lage des Blattes hinderlich wäre, machen muß.

Man kann das Sägeblatt auch mit gegabelten Angeln (=—) durch Bolzen verbinden, die Angeln dann in Zapfen und diese in den Griffen befestigen.

Unter der Benennung Schweifsäge wird eine ähnliche Säge mit sehr schmalem Blatte (4 bis 10 *mm*) vom Tischler verwendet; unter Laub-

säge eine solche verstanden, deren Blatt noch feiner und schmäler (1 bis 3 *mm*) ist und deren Arme häufig länger gehalten sind als der Steg.

In etwas abgeänderter Einrichtung werden Laubsägen oder Dekupiersägen (scie à découper) auch zum Sägen von Messing, Argentan, Bein usw. für die Herstellung eingelegter Arbeiten verwendet.

Es wird hierbei nicht selten der Kunstgriff benutzt, zwei dünne Blätter verschiedenen Materials gleichzeitig mit der Laubsäge nach aufgepaustem Muster zu schneiden und die Ausschnitte der beiden Blätter hierauf auszutauschen, wodurch man dieselben Abbildungen einmal z. B. weiß in braun, dann wieder braun in weiß erhält. Als Sägeblätter werden hierbei nicht selten Uhrfedern benutzt, deren Zähnchen durch Hauen mit dem Meißel (s. u. bei Feilen) gebildet sind.

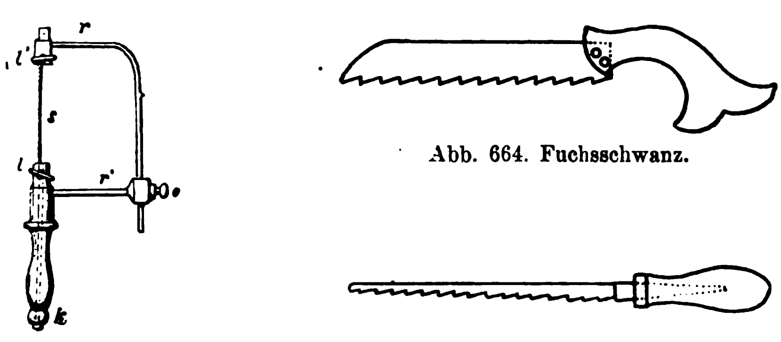


Abb. 663. Laubsäge.

Abb. 664. Fuchsschwanz.

Abb. 665. Loch- oder Räubersäge.

Eine vorzügliche Laubsägekonstruktion zeigt Fig. 663; *s* ist die Säge, *ll'* sind ihre zangenartigen Klemmen, *rr'* ist der zweiteilige Rahmen, welcher eine Verschiebung von *r* in der Hülse am Ende von *r'* und Feststellung durch die Schraube *o* gestattet. Hierdurch kann der Abstand der Klemmen *ll'* der Länge des Blattes beiläufig angepaßt werden. Die Spannung der Säge wird durch Anziehen der Klemme *l* gegen das Heft bewirkt; zu diesem Zwecke besitzt die Klemme *l* eine lange Angel, deren Querschnitt zunächst quadratisch, im weiteren Verlaufe kreisrund ist. Der prismatische Teil der Angel hat Führung in einem dazu passenden quadratischen Loche des Rahmenteiles *r'*, der zylindrische Fortsatz, auf welchen ein Schraubengewinde geschnitten ist, findet seine Mutter in einem Fortsatze (Zapfen) des Knopfes *k*, welcher weit in das ausgebohrte Heft hineinreicht. Die eiserne Mutter ist in den Zapfen eingesetzt. Durch Rechtsdrehung von *k* wird *l* und dadurch *s* angezogen.

Die besprochenen Sägen sind solche mit Spannung.

Zu den Sägen ohne Spannung gehören der Fuchsschwanz, die Lochsäge, die Gratsäge, die Absetzsäge und die Zapfensäge.

Der Fuchsschweif oder Fuchsschwanz ist durch Abb. 664 dargestellt. Die Breite des Blattes, zuweilen gegen den Griff zunehmende Dicke und häufig am Rücken der Säge angebrachte Verstärkungsleisten geben dem

Blatte die nötige Steifigkeit und können dann die Zähne vom Griffe abgekehrt, „auf Stoß“ gerichtet sein. Sehr dünne, unversteifte Blätter lassen sich dann anwenden, wenn die Sägezähne „auf Zug“ (gegen den Arbeiter) gerichtet sind, denn in diesem Falle erfolgt die Spannung durch den Zug einerseits, den Schnittwiderstand anderseits. Beim Rückgange wird die Säge nicht angedrückt und findet daher unbedeutenden Widerstand.

Die Lochsäge, Abb. 665, ist eine ungeschränkte, an der verzahnten Seite wesentlich dicker gehaltene Säge, welche eben dadurch ihre Steifigkeit erhält, obwohl die Zähne auf den Stoß gerichtet sind. Die Lochsäge wird gewöhnlich in der Weise gebraucht, daß man von einem entsprechend vorgebohrten Loche ausgehend die Säge zur Wirkung bringt. Man kann z. B. in ein Brett vier Löcher (: :) bohren und die Säge so anwenden, daß man von Loch zu Loch schneidend schließlich eine größere Öffnung herstellt. Da diese Säge längs der Verbindung der Türfüllung mit dem Türrahmen zur Anwendung gebracht wurde, um die Füllung auszuschneiden und unbefugt einzudringen, so führt sie auch die Benennung Räubersäge oder passe-partout.

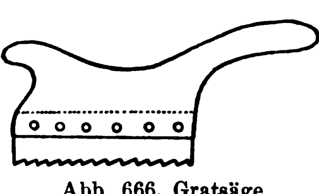


Abb. 666. Gratsäge.

Abb. 667. Zapfensäge.

Die Gratsäge, Abb. 666, gestattet Einschnitte in sehr breite Flächen zu machen, auch so, daß die Schnittfuge nicht bis zum Brettrande reicht. Die Sägezähne stehen häufig auf Zug, sind also gegen den Griff gerichtet. Der Tischler macht von der Gratsäge bei gewissen Holzverbindungen Gebrauch.

Die Absetzsäge dient dazu, parallel zur geradlinigen Grenze eines Brettes Einschnitte zu machen. Die Fassung des Sägeblattes ist ein im Querschnitt rechteckiges, prismatisches Holzklötzchen, zu welchem sich eine Leiste parallel einstellen läßt, die als Führung dient und beim Gebrauche stets an der Seitenwand des Werkstückes anliegt.

Die Zapfensäge (Furniersäge), Abb. 667, gestattet das Abschneiden von Zapfen, welche eine ebene Fläche überragen oder das Besäumen von Furnieren, welche rechtwinklig zusammenstoßen. In letzterem Falle wird die Säge auf jener Fläche anliegend geführt, welche von dem anstoßenden Furniere überragt wird. Es empfiehlt sich die Säge nur halb zu schränken, d. h. nur die Hälfte der Sägezähne gegen oben zu biegen, damit das Sägeblatt auf der Führungsebene stets voll anliegt. Die Zähne stehen auf Zug oder halb auf Zug, halb auf Stoß, symmetrisch zur Blattmitte.

Die Handsägen für die Metallbearbeitung sind zumeist so ausgebildet, daß das Sägeblatt in einen steifen Rahmen von nachstehender

Form a⌐‾‾‾‾b⌐__ eingespannt und durch eine Zugschraube bei *a* und Einhängung bei *b* gespannt wird. Sind an der Säge, deren Blatt an der verzahnten Kante dicker ist, größere, deutlich sichtbare, mittels des Durchschnittes hergestellte Zähne, so nennt man das Werkzeug Bogensäge; sind hingegen die Zähnchen klein und mittels Hiebes erzeugt, so heißt das Werkzeug Bogenfeile. Die Metallsägen finden insbesondere zum Abschneiden von Stabeisen und zur Anarbeitung von Schlitzen in die verschiedensten Werkstücke Anwendung. In neuerer Zeit wendet man häufig geschränkte dünne Sägeblätter an.[1])

Die Herstellung von Schnittholz findet in der Regel durch maschinellen Antrieb der Säge statt. Zumeist werden gerade, ebene Sägeblätter, in Rahmen gespannt, mechanisch bewegt und heißen diese Maschinen Gattersägen, Blockgatter oder Brettsägen. Man wendet jedoch auch Kreissägen und Bandsägen zu demselben Zwecke an.

Bei den Kreissägen ist das scheibenförmige Sägeblatt an seiner Umfläche mit Zähnen versehen und da dasselbe zentrisch mit einer Achse verbunden sein muß, welche angetrieben wird, so muß der Halbmesser des Blattes stets größer als die Dicke des zu schneidenden Holzes sein. Für den Schnitt dicker Hölzer (Stämme) gelangt man zu bedeutenden Durchmessern des Kreissägeblattes, womit auch die Blattdicke entsprechend groß wird. Die notwendige Schränkung oder Stauchung der Zähne vergrößert noch weiter die Schnittbreite und die Folge ist ein beträchtlicher Verlust an Holz oder die Erzeugung großer Mengen von Sägespänen.

Aus diesem Grunde ist die Anwendung der Kreissägen gewöhnlich auf die Herstellung kleineren geraden Schnittholzes — Latten, Leisten — beschränkt. Zu diesem Zwecke sind aber die Kreissägen, welche durch das Blatt selbst zu geradem Schnitte hinneigen, unübertrefflich, ihre Leistung ist eine sehr große.

Die Bandsägen bieten gleich den Kreissägen den Vorteil kontinuierlichen Schnittes, denn bei ihnen ist das Sägeblatt ein endloses Band, welches gleich einem endlosen offenen Riemen über zwei Scheiben läuft. Damit das Sägeblatt von der Umfläche der Scheiben nicht abgleiten kann, sind dieselben an einer Seite mit einem erhöhten Rande (⌊____) versehen, gegen welchen sich die nicht verzahnte Seite des Blattes anlegt. Die eine Scheibe ist die angetriebene, die zweite läuft leer mit und ist ihre Achse in der Verbindungsebene beider Scheibenachsen zu sich parallel verstellbar. Hierdurch können Bandsägen von etwas verschiedener Länge verwendet und kann auch dem Blatte Spannung gegeben werden.

Die Arbeitsleistung der Bandsägen ist groß und bei schmalem Blatte lassen sich dieselben auch sehr gut für krummlinige Schnitte verwenden. Als Nachteil ist hervorzuheben, daß ein Reißen des Blattes eine umständliche Lötung verlangt und dieses Reißen bei dickerem Blatte nur durch sehr

[1]) Mit der Erzeugung solcher Sägeblätter befaßt sich in hervorragender Weise: Leo Sonnenfeld & Ko., Werkzeugfabrik in Elberfeld (Rheinland).

große Scheiben tunlichst hintangehalten werden kann, wodurch die Maschine als Brettsäge bedeutende Abmessungen erfordert. Der Riß des Blattes ist gewöhnlich mit einem Ausschleudern desselben verbunden, welches dem Arbeiter gefährlich wird; deshalb umgibt man die obere Scheibe und die Säge ein Stück abwärts mit einer Schutzhülle. Die Mehrzahl der Bandsägen werden zum Schneiden nicht sehr dicker Hölzer in Modelltischlereien u. dgl. verwendet.

Die Gattersägen arbeiten mit einer oder mehreren Sägen. Eine Säge im Gatter trifft man in den Sägemühlen am Lande noch häufig an; einerseits deshalb, weil hierbei das Gatter und auch die ganze Maschine sich einfacher halten läßt, so daß Reparaturen vom Schmied und Zimmermann besorgt werden können, anderseits auch aus dem Grunde, weil bei Anwendung nur einer Säge die Schnitte weit leichter jenen Anforderungen angepaßt werden können, welche Größe und Gestalt des Blockes, sowie die Käufer des Schnittholzes an dessen Beschaffenheit und Maß stellen.

Bei Anwendung mehrerer Sägen im Gatter wird eine wesentliche Mehrleistung erzielt und auch die Betriebskraft besser ausgenutzt.

Es rührt dies daher, daß die Arbeit für die Bewegung der Maschine einen größeren Prozentsatz der Bruttoarbeit erheischt, je weniger Schnittwiderstand überwunden werden muß, beziehungsweise wenn weniger Sägen arbeiten.

Man schneidet stündlich in weichem Holze

mit 1 Säge	im Gatter	etwa	$2\,m^2$	pro Pferdekraft
„ 4 Sägen	„	„	$3{\cdot}19\,m^2$	„
„ 6 Sägen	„	„	$4{\cdot}90\,m^2$	„
„ 11 Sägen	„	„	$5{\cdot}21\,m^2$	„

Die geleistete Schnittfläche ist nicht proportional der Zahl der Sägeblätter, weil man bei Anwendung mehrerer Sägen dem Blocke einen geringeren Vorschub pro Hub der Säge gibt, als bei Anwendung nur eines Sägeblattes.

Bei den primitiven Konstruktionen ländlicher Sägemühlen gibt man dem Blatte nur eine Geschwindigkeit von etwa 1·5 *m*, bei den vollkommener gebauten Gattersägen eine solche von 5 bis 7 *m*.

Der Vorschub des Blockes ist bei harten, auch bei feuchten Hölzern wesentlich geringer als bei trockenem weichen Holze; er wechselt zwischen $1^1/_2$ bis 12 *mm* pro Hub.

Die Sägeblätter sind zumeist mit dreieckigen Zähnen versehen; man macht oft die Basis des Zahnes gleich seiner Höhe, etwa 16 *mm* und läßt Zahn von Zahn um 5 *mm* abstehen, so daß sich ein Spitzenabstand von 21 *mm* ergibt.

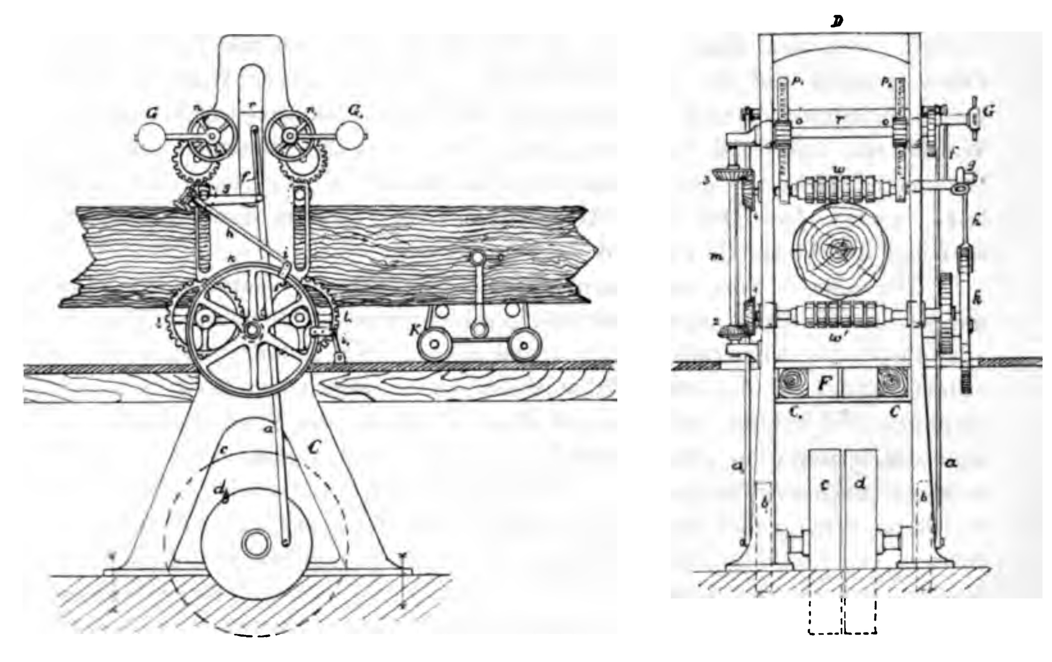
Die Blattdicke kann etwa 1·5 *mm*, die Schnittbreite (Blattdicke mehr Schränkung) etwa 3 *mm* betragen.

Während bei den älteren Brettsägen der zu schneidende Baum auf einem aus Balken zusammengefügten Klotzwagen befestigt und mit diesem

ruckweise der Säge zugeführt wird, wendet man bei neueren Gattersägen sehr häufig geriffelte Zuführungswalzen an, welche nahe der Säge angeordnet sind. Der Stamm ist dann überdies durch kleine Wagen K gestützt, von welchem der eine vor, der andere hinter dem Sägeständer sich befindet.

Eine moderne Gattersägenkonstruktion, welche in Österreich von Topham eingeführt wurde, zeigen die Abb. 668 I und II.

Der Gatterrahmen r, in den Abbildungen großenteils gedeckt, besteht aus zwei horizontalen Stücken, den Gatterriegeln, und zwei vertikalen Stangen, den Gatterschenkeln, er ist vertikal geführt und wird durch die beiden außerhalb des Gestelles befindlichen Pleuelstangen a und a_1, welche ihre Bewegung von den auf der Antriebswelle sitzenden Kurbelscheiben b und b_1, erhalten, auf und nieder bewegt, wobei die in ihm eingespannten



I Abb. 668. Topham's Gatterräge. II

Sägen zur Wirkung kommen. Der Antrieb selbst erfolgt durch die zwischen dem Gestell angebrachte Riemenscheibe c, während d als Losscheibe fungiert. Der Vorschub des Holzes erfolgt durch Walzen, deren vier vorhanden sind, zwei vor, zwei hinter den Sägen, hiervon sind zwei unter und zwei über dem Sägeblock gestellt; dadurch wird dieser gerade an jener Stelle gut gehalten, wo die Säge zur Wirkung kommt. Die Walzen sollen den Block fassen und ruckweise vorschieben. Sie sind zu dem Ende mit Längs- und Querriefen versehen, welche am Umfang spitze vierseitige Pyramiden bilden, deren Spitzen sich in den Block festsetzen und seinen Vorschub bewirken. Oft sind auch nur Längsriefen vorhanden, namentlich dann, wenn die untere Fläche des Holzes, welche auf den Walzen aufruht, mehr geschont werden soll.

Die beiden unteren Walzen erhalten den Antrieb direkt von einem Schaltmechanismus, welcher hier von dem Gatterzapfen abgeleitet ist. Mit ihm ist eine kurze Stange *f* verbunden, welche an einem Winkelhebel *g* angreift und denselben beim Auf- und Abwärtsgang des Rahmens in schwingende Bewegung versetzt. Mit dem zweiten Arm des Winkelhebels ist das Ende der Stange *h* derart verbunden, daß dieses Ende an dem Arme beliebig verschoben, also dem Drehungspunkte genähert oder von demselben entfernt werden kann, wodurch die davon abgeleitete Bewegung regulierbar ist. Die Stange *h* betätigt eine Schiebklemme *i*, von welcher wir vorderhand nur sagen wollen, daß durch sie das Schiebrad *k* nach einer Richtung hin bewegt wird, während bei der Rückkehr der Stange *h* ein Mitnehmen nicht stattfindet, das Rad *k* also in Ruhe verharrt. Zur Sicherung ist ein Gegenhalter bei *i'* angebracht, welcher eine entgegengesetzte Drehung verhindert. Von dem Rade *k* wird die Bewegung durch ein mit ihm verbundenes Getriebe auf die zwei gleichgroßen, auf den unteren Walzen aufgekeilten Stirnräder *l* und l_1 übertragen und daraus ist ersichtlich, daß die Walzen eine ruckweise Bewegung, beide nach derselben Richtung erhalten. Da das Schiebwerk *i* dann wirkt, wenn die Stange *h* sich von rechts nach links bewegt, dies aber beim Abwärtsgange des Gatterrahmens geschieht, so findet der Vorschub während des Sägens statt.

Die oberen Vorschubwalzen werden bei schweren Gattern, wie das dargestellte, ebenfalls angetrieben und geschieht dies von den unteren Walzen aus durch die Kegelräder *1*, *2*, *3* und *4* und vier andere, ebenso angeordnete Räder für das rückwärtige Walzenpaar. Damit der Zwischenraum zwischen den unteren und oberen Walzen der Stärke des Blockes entspricht, sind die letzteren in einer Führung vertikal verstellbar und werden durch Gewichte nach abwärts gedrückt. Die beiden Räder *3* und *4* sind durch einen Bügel so miteinander verbunden, daß sie beständig im Eingriffe bleiben müssen. Das Rad *3* ist auf der Welle *m* verschiebbar und besitzt dieselbe aus diesem Grunde eine Längsnut. Die Pressung der beiden oberen Walzen gegen den Block wird dadurch bewerkstelligt, daß die beiden Gewichte *G* und G_1 die Räder *n* und n_1 zu drehen streben. Diese Drehung wird durch eine doppelte Räderübersetzung auf die beiden Getriebe *o* und o_1 übertragen, welche die beiden, die oberen Walzenlager tragenden Zahnstangen *p* und p_1 nach abwärts drücken. Ein an dem Gestell des Gatters fester Sperrkegel verhindert das Herunterfallen der Oberwalzen, wenn kein Sägeblock eingelegt ist.

Es ist noch der Vorschubmechanismus bei *i* näher zu besprechen. Abb. 669 zeigt die Schiebklemme in größerem Maßstabe. Sie besteht aus den beiden Backen b_1 und b_2, welche drehbar in der Flasche *F* gelagert sind. So wie die beiden Schienen eines Parallellineals am weitesten voneinander abstehen, wenn die sie verbindenden Schienen darauf senkrecht stehen (_|‾‾‾:_), so haben auch die dem Radkranze zugekehrten Flächen der Backen $b_1 b_2$ voneinander den größten Abstand, wenn die Mittellinie

der Flasche *F* radial gerichtet ist. Ist dies der Fall, so ist der Radkranz frei, nicht geklemmt. Macht aber die Zugstange *z* (entsprechend *h* der Abb. 668) eine Bewegung im Sinne des Pfeiles *1*, so erfolgt eine Schiefstellung der Flasche, die Backen b_1 b_2 klemmen den Radkranz und drehen das Rad im Sinne der Bewegung der Zugstange *z*. Bei der nun folgenden entgegengesetzten Bewegung der Zugstange *z*, Richtung *2*, wird die Flasche *F* zunächst aus der früheren schrägen Lage in die radiale übergehen, die Klemmung ist beseitigt und es gleiten die Backen über den Radkranz nach abwärts, indem sie der Bewegung der Stange *z* etwas vorzueilen suchen. Der Vorschub des Rades erfolgt also nur in der Richtung *1*. Es kann wünschenswert sein, den Vorschub des Holzes sofort einzustellen, ohne die Maschine (das Gatter) zur Ruhe zu bringen. Zu diesem Zwecke ist dem Backen b_2 ein Fortsatz *f* gegeben, welcher, durch die Mutter *m* gegen die Flasche *F* gedrückt, eine solche Schiefstellung beider Backen veranlaßt, daß sie den Radkranz nur an ihren oberen Kanten klemmen. Das Anliegen der Backen mit ihren Kanten vermag aber den Radkranz nicht mitzunehmen, es gleiten vielmehr die Backen wirkungslos über den Radkranz, der Vorschub des Holzes st eingestellt.

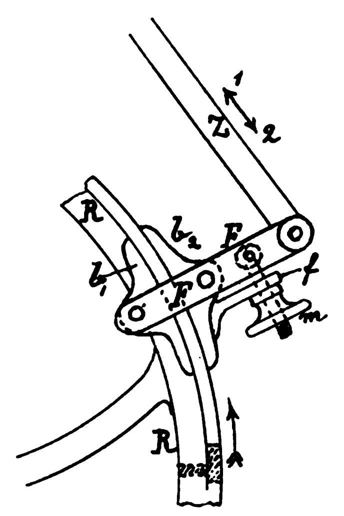


Abb. 669. Schiebklemme.

An irgend welcher geeigneten Stelle ist eine Sicherheitsklemme (*i'* Abb. 668) angebracht, deren Aufgabe darin besteht, ein Zurückdrehen des Schiebrades zu verhindern. Diese Klemme ist im wesentlichen wohl übereinstimmend mit der eben beschriebenen, weicht jedoch insofern ab, als ihre Flasche bei Drehung des Rades im Sinne des Vorschubes (Pfeil *1*) sich nur radial einstellen kann. Eine schräge Stellung bei sofortiger Klemmung des Rades findet dann statt, wenn sich das Rad entgegen der Richtung *1* zu drehen beginnt.

Für die Arbeit jeder Gattersäge ist es wichtig, daß die Sägeblätter genau parallel zur Gatterbewegung und daher auch zueinander eingespannt sind. Auch muß sich der Abstand der Sägeblätter voneinander, von welchem die Dicke der zu schneidenden Bretter ebenso wohl als die Lage der Schnitte am Blocke abhängt, ohne große Schwierigkeit verändern lassen.

Eine diese Aufgabe gut lösende Anordnung zeigt Abb. 670. Das obere und untere Ende des Sägeblattes *b* ist beiderseits durch unterschnittene Leisten verstärkt und bildet so einen Doppelhaken, welcher in die Kluppe *c* eingehängt wird, die drehbar mit einem Bolzen *a* verbunden ist. Dieser Bolzen erhält am oberen Gatterriegel seinen Anzug durch Keil *k* und Gegenkeil *l*, mit dem unteren Gatterriegel stellt das T-förmige Ende des Bolzens

(1) die Verbindung einfacher her. Damit die Sägeblätter in dem richtigen Abstande voneinander festgehalten werden, sind auf den unteren Gatterriegel zwischen die Sägen Holzbeilagen gesetzt, welche samt den Sägen durch zum Riegel parallele Zugschrauben festgehalten werden.

Eine Veränderung der Sägenstellung erheischt ein Lösen der Verbindungen der Sägen mit dem Gatter, Auswechslung der Beilagen und neuerliche Feststellung der Sägen. Diese zeitraubende Vorbereitung des Gatters trachtet man tunlichst selten vornehmen zu müssen und sortiert die zu schneidenden Blöcke so, daß man mit derselben Sägestellung mehrere Blöcke schneiden kann. Schließlich müssen die Sägen behufs Auswechslung mit frisch geschärften ohnedies ausgebunden werden.

Abb. 670. Einspannvorrichtungen der Sägeblätter.

Bei der beschriebenen Gattersäge liegen die Zahnspitzen jedes Sägeblattes in einer vertikalen Geraden, und weil die Säge beim Niedergange schneidet, so muß auch, wie oben bemerkt, der Vorschub beim Niedergang erfolgen. Würden die Zahnspitzen jedoch überhängen, d. h. in einer gegen das zugeführte Holz etwas geneigten Geraden liegen, hätte die Säge Anlauf oder Busen, so hätte der Vorschub des Holzes während des Hubes zu erfolgen.

Nach Hartig's Versuchen läßt sich der Arbeitsverbrauch ε (Pf. St.) pro 1 m^2 Schnittfläche in der Stunde für lufttrockenes Fichtenholz ausdrücken durch die Formel

$$\varepsilon = 0{\cdot}046 + 0{\cdot}224 \frac{Hs}{z}, \text{ wobei } \left\{ \begin{array}{l} H \text{ die Hubhöhe in Metern,} \\ s \text{ die Schnittbreite in Millimetern,} \\ z \text{ die Zuschiebung pro Schnitt in Millimetern bedeutet.} \end{array} \right.$$

Für die Schnittfläche F und die Leergangsarbeit N_0 wird der totale Arbeitsverbrauch N:

$$N = N_0 + \varepsilon F.$$

Von den Kreissägen sei noch hervorgehoben, daß man sie dort, wo das Holz sehr niedrig im Preise steht, ganz wohl zum Herstellen von Brettern und andern größerem Schnittholze verwenden kann.

Die Schwierigkeiten, welche das Härten sehr großer Kreissägen bietet, können dadurch umgangen werden, daß man die Scheiben aus weichem Eisen herstellt und Stahlzähne einsetzt.

Am schönsten ist die Gestaltung der Stahlzähne von H. Dißton gelöst. Die spirallinige Begrenzung des Zahnes drückt sich, wie Abb. 671 zeigt, um so fester an den Zahnsitz, je kräftiger der Zahn zur Wirkung kommt. Diese Sägezähne verlangen spezielle Vorrichtungen zu ihrer und des Blattes genauer Herstellung.

Zum Abschneiden der großen Angüsse, wie selbe bei dem Stahlgusse vorkommen, verwendet man auch große Kreissägen mit eingesetzten Stahlzähnen. Die Weicheisenscheibe hat eine tiefeingedrehte Nut; die Zähne sind nicht einzeln, sondern zu etwa vieren als verzahnte Segmente ausgebildet, welche mit einer Feder in der Nut einsitzen und mit drei Nieten befestigt sind. Zahnsegment stößt an Zahnsegment.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Kreissägen für Holz beträgt 5 bis 40 *m*, für Metall etwa 400 *mm*.

Im allgemeinen gibt man der Säge beim Schneiden dünnen Holzes eine größere Geschwindigkeit. Sägen für das Querschneiden des Holzes erhalten nicht über 25 *m* Geschwindigkeit; in diesem Falle lagert man die Säge häufig in verschiebbaren (beweglichen) Lagern, weil die gleichmäßige Zuführung langer Hölzer senkrecht zu ihrer Längsachse oft schwieriger zu bewerkstelligen ist, als der Säge die rotierende und fortschreitende Bewegung zu geben.



Abb. 671.

Es ist vorteilhaft, das Holz entgegen dem Laufe der Zähne (vgl. S. 467, Abb. 614) zuzuführen.

Die Leistung der Kreissägen ist eine große. Bei einer Schnittfugenbreite von 5·5 *mm*, also bei starker, großer Säge, wurde pro Pferdekraft und Stunde 5 m^2 Schnittfläche erhalten, die Menge des verspanten Holzes beträgt bei harten Hölzern 14.000 cm^3, bei weichen 28.000 cm^3. Es erfordert demnach 1 cm^3 verspanten Holzes eine Bruttoarbeitsgröße von 19·3, beziehungsweise 9·6 *mkg* (der Maschine zugeführte Arbeit). Die von dem Werkzeuge selbst geleistete Nettoarbeit kann rund mit 50%, d. i. mit 10 und 5 *mkg* angenommen werden. Vergleichen wir diese Zahlen mit den für die Verspannung von 1 cm^3 Eisen erforderlichen 100 *mkg* (vgl. S. 392), so stellt sich der Arbeitswiderstand des harten Holzes auf $^1/_{10}$, des weichen Holzes auf $^1/_{20}$ des Widerstandes des Eisens.

Die Widerstandsarbeit bei Verspannung von 1 cm^3 harten Holzes beträgt etwa 10 *mkg*, von 1 cm^3 weichen Holzes 5 *mkg*.

Hartig gibt für den Arbeitsverbrauch an Kreissägen die Formeln $N = N_1 + N_0$, wobei N_1 die Nutzarbeit, N_0 die Leergangsarbeit bedeutet.

$$N_1 = \frac{s\,F}{1000\,v} \text{ und } N_0 = \frac{U \cdot D}{8\,10^5}.$$

s Schnittbreite in Millimetern, *F* Schnittfläche in Quadratmetern, $v = 0{\cdot}014\,m^3$ für hartes, $v = 0{\cdot}028\,m^3$ für weiches Holz (Spanvolumen, stündlich, pr. Pf. Kr.). *U* Tourenzahl pro Minute, *D* Sägeblattdurchmesser in Millimetern.

Bandsägen. Die Schnittgeschwindigkeit der Bandsägen für Holz liegt gewöhnlich zwischen 6 und 20 *m*, ausnahmsweise auch noch viel höher; der Vorschub kann bei Hölzern von 200 *mm* Dicke mit einer Geschwindigkeit von 0·004 der Sägegeschwindigkeit erfolgen, bei schwächeren Hölzern natürlich noch rascher.

Interessant sind die folgenden Angaben, welche Professor Escher in seinem Berichte über die Ausstellung in Chicago über eine der größten Bandsägen der Stearns Manufacturing Co. in Erie, Pa., machte. Er sagt:

„Die beiden senkrecht übereinander stehenden Rollen hatten 2·440 *m* (8 Fuß) Durchmesser; sie werden indessen bis zu 10 Fuß gebaut. Die Umdrehungszahl betrug 400 pro Minute, was einer Umfangsgeschwindigkeit von 51 *m* pro Sekunde entspricht. Das Blatt hatte 305 *mm* Breite; es wurde seitlich durch zwei Backen aus Weißmetall und am Rücken durch eine Stahlrolle geführt und von beiden Seiten durch zwei Spritzröhren mit Wasser gekühlt. Die maximale Schnitthöhe betrug 80 *cm*. Der auf Schienen laufende Blockwagen wurde direkt durch die 6 *cm* dicke Kolbenstange eines Dampfzylinders von etwa 20 *cm* Durchmesser und 8 *m* Hub bewegt.

Der Block von Nadelholz, etwa 50 bis 60 *cm* stark und 5 *m* lang, wurde durch eine endlose Kette mit vorspringenden Klauen in einer kreisbogenförmig profilierten Holzrinne herbeigeschleppt, dann, sobald er auf der Höhe des Blockwagens angekommen war, durch zwei mit Dampf bewegte, von unten herauf schlagende Hebel aus der Rinne geworfen, so daß er fast von selber auf den Blockwagen rollte. Darauf tauchte aus der Versenkung ein zweiter, ebenfalls mit Dampf bewegter Hilfsapparat, „Steamnigger" oder „Dampfneger" genannt, der den Block vollends auf den Wagen warf und gegen die Docken anpreßte, so daß der Mann auf dem Blockwagen nichts weiter zu tun hatte, als die Klauen an den Docken mit einem einzigen Griffe an einem Hebel anzuziehen. Nun setzte sich der Blockwagen in Bewegung und nach jedem Rückgange wurden die sämtlichen Docken durch eine einzige Hebelbewegung um die Brettdicke vorgeschoben. In der Zeit von drei Sekunden war der Schnitt durchgeführt, so daß die sekundliche Schnittgeschwindigkeit sich auf mehr als 1·6 *m* beziffert. Der Rücklauf des Wagens erfolgte mit noch etwas größerer Geschwindigkeit. Beim Beginne des Rücklaufes wurde durch eine selbsttätige Vorrichtung auf den Wagenachsen (setting of motion) der ganze Wagenrahmen etwas vom Blatte ab- und beim Beginne des Vorlaufes wieder zugerückt. Beim Umspannen trat wieder der „Dampfneger" in Tätigkeit.

In der Zeit von drei Minuten wurde jeweilen ein Block bei viermaligem Auf- respektive Umspannen vierseitig beschnitten und in Bretter von 1 Zoll = 25·4 *mm* zerlegt. Es waren dazu etwa 25 Schnitte erforderlich. Die Bedienung bestand aus drei bis vier Mann; der eine steuerte die Dampfhülfsapparate und den Blockwagenzylinder, einer oder zwei waren auf dem Blockwagen postiert und bedienten die Klauen und den Vorschub der Docken

und der letzte legte die fallenden Bretter auf ein Walzensystem, welches sie selbsttätig fortschaffte.

Nachdem der Stamm zerlegt war, wurden von derselben Arbeiterkolonne auf einer Serie von Kreissägen die Schwarten abgeschnitten, in drei Teile quer geteilt, in Lättchen von 40 auf 10 *mm* geschnitten und diese in Bündel gebunden. Diese Arbeiten nahmen ebenfalls drei Minuten in Anspruch; es würde also eine doppelte Arbeiterkolonne in der Zeit von drei Minuten mit einem Stamme vollständig fertig werden. Die Dampfmaschine zum Betriebe der Bandsäge mochte etwa 60 bis 80 Pferdestärken haben. Die Treibriemen waren 60 *cm* breit. Der ganze Antrieb befand sich unter dem Boden. Neben der ungeheueren Leistungsfähigkeit der Sägen mußte man namentlich noch die Sicherheit bewundern, mit welcher die Mannschaft auf dem Blockwagen ihren Dienst versah. Bei der Raschheit der Bewegungen (etwa 5 Sekunden für Hin- und Hergang) stellt diese Arbeit große Anforderungen an die Gewandtheit und Kühnheit der Leute."

Professor Hartig gibt für den Arbeitsverbrauch der Bandsägen pro 1 m^2 Schnittfläche, von der Leergangsarbeit abgesehen, die Formel

$$E = 0{\cdot}052 + \frac{c\,s}{10^7 \zeta} \text{ Pferdestärken.}$$

Hierbei ist s die Schnittbreite in Millimetern, ζ der Quotient aus Zuführungs- und Sägegeschwindigkeit. Der Koeffizient $c = 326$ für Fichtenholz, 412 für Eichenholz und 485 für Rotbuchenholz.

Die richtige Instandhaltung der Sägen erheischt gute Schränkung und Schärfung.

Die Schränkung erfolgt mittels Schränkeisen, Schränkzangen und bei Bandsägen durch besondere Schränkvorrichtungen, die Schärfung entweder durch Feilen oder Schleifen.

Eine einfache, viel gebrauchte Form des Schränkeisens zeigt Abb. 672. Bei seiner Anwendung wird die Säge, die Zähne nach oben gekehrt, in einen Schraubstock gespannt, das Schränkeisen mit der zur Blattdicke passenden Spalte auf einen Zahn aufgesetzt und der Zahn dann durch Betätigung des Schränkeisens aus der Ebene des Blattes zur Seite gebogen. Alle geraden Zähne auf eine Seite, alle ungeraden auf die zweite. Diese Ausbiegung hat gleichweit zu erfolgen, denn sonst würden die weiter ausgebogenen Zähne beim Sägen viel zu stark beansprucht werden und brechen.



Abb. 672. Schränkeisen.

Man kann wohl das geschränkte Blatt durch Ziehen desselben durch einen entsprechend breiten, in einer Eisenschiene angebrachten Schlitz rektifizieren, d. h. die zu weit ausgebogenen Zähne wieder einwärts drücken, doch gelingt dies nicht vollkommen. Das Schränken selbst soll daher gleichmäßig erfolgen. Alle Verbesserungen des Schränkeisens und sämtliche Schränkzangen beabsichtigen das Ausbiegen zu regeln.

Bringt man am gewöhnlichen Schränkeisen eine stellbare Klemme an, welche mit einem Fortsatze, ähnlich einem gekrümmten Finger, gegen das Sägeblatt stößt, sobald die Biegung auf die richtige Weite erzielt ist, so kann das Schränken nur gleichmäßig erfolgen.

Denkt man sich das Maul einer Flachzange so abgeändert, daß statt ebener Flächen je zwei unter stumpfem Winkel liegende Ebenen (⦚) das Maul bilden, so bewirkt ein Zangendruck die Schränkung eines Zahnes; ist hierbei das Sägeblatt soweit mit einem seiner Zähne in die Zange eingeführt, als dies überhaupt möglich ist, so wird die Biegung eine ganz bestimmte sein. — Es gibt Dutzende verschiedener Schränkzangen.

Für das Schränken der Bandsägen ist eine Vorrichtung erfunden, bei welcher ein gleicharmiger Hebel in schwingende Bewegung gesetzt wird. Jede Rechts- oder Linksdrehung des Hebels kann nur bis zu einem bestimmten Winkel erfolgen, von welchem die Ausbiegung des Sägezahnes nach rechts oder links abhängt. Ist ein Zahn ausgebogen, so wird der Rückweg des Hebels zur Betätigung einer Schiebklaue verwendet, welche das endlose Sägeblatt um die Zahnteilung verschiebt und dadurch einen nächsten Zahn der Einwirkung zuführt. Das Sägeblatt hat hierbei seine Führung in der Schränkvorrichtung, welche in einem Schraubstocke entsprechend gehalten ist. Die Zähne der Säge sind nach oben gekehrt.

Findet das Schärfen der Sägezähne von Hand aus durch eine dreieckige Feile statt, dann unterliegt es keinen Schwierigkeiten, die Schärfung nach Abb. 659 *c*, S. 494, vorzunehmen, weil es dem Arbeiter wenig Mühe macht, in entsprechend schiefer Richtung zum Blatte zu feilen.

Erfolgt das Schärfen aber auf Schleifmaschinen mittels Schmirgelscheiben, so wird die Konstruktion der Maschine wesentlich komplizierter, wenn man spitze Zuschärfungswinkel erhalten will. Meist begnügt man sich mit Winkeln von 90°, wodurch sämtliche Zähne den gleichen Anschliff erhalten können.[1])

Aus der Literatur seien hervorgehoben:

H. Fischer, Die Holzsäge. Berlin 1879, Rudolf Gaertner.

W. F. Exner, Die Handsäge und Sägemaschinen. Weimar 1878, B. F. Voigt.

Allgemeinere Werke über Holzbearbeitung sind:

A. Ledebur, Die Verarbeitung des Holzes auf mechanischem Wege. Braunschweig 1881, Fr. Vieweg & Sohn.

Karl Pfaff und W. F. Exner, Die Werkzeuge und Maschinen zur Holzbearbeitung ausschließlich der Säge. Weimar 1882, B. Fr. Voigt.

M. Powis, Woodworking-Machinery. London 1880, Crosby Lockwood and Co.

Armengaud ainé, Les Scieries mécaniques et les Machines-Outils à travailler les bois. Paris, Armengaud.

H. Fischer, Die Werkzeugmaschinen, 2. Bd. Berlin 1901, Jul. Springer.

Die Sägemaschinen zur Metallbearbeitung sind für das Abschneiden von Walzeisen, sei es normal oder schräge zur Längsrichtung,

[1]) Sägenschleifmaschinen, auch für schrägen Anschliff der Sägezähne, mit selbsttätiger Schaltbewegung, baut Friedrich Schmalz in Offenbach.

von außerordentlichem Werte. In den Maschinenfabriken findet diese Arbeit fast ausschließlich bei gewöhnlicher Temperatur mit einer Schnittgeschwindigkeit von 60 bis 100 *mm* statt — Kalteisensägen —, in den Walzwerken jedoch werden die noch glühenden Walzstücke von den unreinen Enden (Zöpfen) durch rasch rotierende Kreissägen — Warmeisensägen — befreit; die Geschwindigkeit dieser Säge beträgt etwa 10 *m* und läuft die Säge mit ihrem unteren nicht arbeitenden Teile in Wasser. Sehr häufig sind diese Sägen als Pendelsägen gebaut, d. h. die Achse der Säge ist in einem Pendel gelagert, welches beim Schnitte dem Arbeitsstücke genähert wird.

In der Ausbildung der Kaltsägen hat insbesondere die Werkzeugmaschinenfabrik von Hein. Ehrhardt in Düsseldorf hervorragendes geleistet. Ihre Kreissägen erhalten die Arbeitsbewegung durch Schraube und Schraubenrad, letzteres an der Achse der Säge sitzend. Je nach dem Zweck erhält die Sägeachse entweder nur vertikale Einstell- und Schaltbewegung, oder sie wird von einem in vertikaler Ebene drehbaren Hebel getragen, oder sie kann, wenn in einem horizontal geführten Schlitten gelagert, auch horizontale kontinuierliche Schaltbewegung empfangen, oder die Achse ist in einem drehbaren Spindelkopfe gelagert und es kann hierdurch das Kreissägeblatt in beliebiger Neigung eingestellt werden usw.

Zumeist sind an Ehrhardt's Maschinen Tische angebracht, welche selbst wieder Einstellbewegungen zulassen, so daß die Maschine sehr verschiedenen Aufgaben angepaßt werden kann.

Zum Abschneiden von Stabeisen werden nicht selten kleine maschinell bewegte Bogensägen unter der Benennung Oszilliersägen verwendet. Der erforderliche Andruck wird diesen Sägen durch Gewichtsbelastung gegeben, welche auch bei manchen Kreissägen statt kontinuierlicher Schaltbewegung in Anwendung steht.

Die Bandsägen können mit Vorteil dazu verwendet werden, bei gekröpften Wellen, Gabelhebeln u. dgl., welche massiv geschmiedet sind, die Einschnitte für das zu entfernende Materialstück zu machen und sie arbeiten wesentlich schneller als die hierzu meist verwendeten Stoßmaschinen.

Die sogenannte Universal-Radialschweifsäge arbeitet mit einem schmalen Blatte, welchem vertikale Rückkehrbewegung gegeben wird. Das Blatt ist mit einem Ausleger kombiniert, welcher um eine Vertikalsäule drehbar ist und durch ein Gelenk überdies gestattet, mit dem Sägeblatte innerhalb eines weiten Raumes zu arbeiten. *S* deutet die Säule im Grundrisse an, *g* ist das Gelenk des Auslegers *a*. *S*○—*g*·—*a*| Diese Säge ist insbesondere geeignet in Kesselblech große Löcher verschiedenster Form auszusägen; es braucht nur ein Loch von 28 *mm* vorgebohrt zu werden, durch welches die Säge gesteckt wird. (Ehrhardt.)

Es sei nochmals bemerkt, daß die Anwendung der Metallsägen in vielen Maschinenfabriken eine zu beschränkte ist, was sich zum Teil dadurch erklärt, daß manche Werkmeister an dieses wichtige Hilfsmittel der

Bringt man am gewöhnlichen Schränkeisen eine stellbare Klemme an, welche mit einem Fortsatze, ähnlich einem gekrümmten Finger, gegen das Sägeblatt stößt, sobald die Biegung auf die richtige Weite erzielt ist, so kann das Schränken nur gleichmäßig erfolgen.

Denkt man sich das Maul einer Flachzange so abgeändert, daß statt ebener Flächen je zwei unter stumpfem Winkel liegende Ebenen (⟨) das Maul bilden, so bewirkt ein Zangendruck die Schränkung eines Zahnes; ist hierbei das Sägeblatt soweit mit einem seiner Zähne in die Zange eingeführt, als dies überhaupt möglich ist, so wird die Biegung eine ganz bestimmte sein. — Es gibt Dutzende verschiedener Schränkzangen.

Für das Schränken der Bandsägen ist eine Vorrichtung erfunden, bei welcher ein gleicharmiger Hebel in schwingende Bewegung gesetzt wird. Jede Rechts- oder Linksdrehung des Hebels kann nur bis zu einem bestimmten Winkel erfolgen, von welchem die Ausbiegung des Sägezahnes nach rechts oder links abhängt. Ist ein Zahn ausgebogen, so wird der Rückweg des Hebels zur Betätigung einer Schiebklaue verwendet, welche das endlose Sägeblatt um die Zahnteilung verschiebt und dadurch einen nächsten Zahn der Einwirkung zuführt. Das Sägeblatt hat hierbei seine Führung in der Schränkvorrichtung, welche in einem Schraubstocke entsprechend gehalten ist. Die Zähne der Säge sind nach oben gekehrt.

Findet das **Schärfen der Sägezähne** von Hand aus durch eine dreieckige Feile statt, dann unterliegt es keinen Schwierigkeiten, die Schärfung nach Abb. 659 *c*, S. 494, vorzunehmen, weil es dem Arbeiter wenig Mühe macht, in entsprechend schiefer Richtung zum Blatte zu feilen.

Erfolgt das Schärfen aber auf Schleifmaschinen mittels Schmirgelscheiben, so wird die Konstruktion der Maschine wesentlich komplizierter, wenn man spitze Zuschärfungswinkel erhalten will. Meist begnügt man sich mit Winkeln von 90°, wodurch sämtliche Zähne den gleichen Anschliff erhalten können.[1])

Aus der Literatur seien hervorgehoben:

H. Fischer, Die Holzsäge. Berlin 1879, Rudolf Gaertner.

W. F. Exner, Die Handsäge und Sägemaschinen. Weimar 1878, B. F. Voigt.

Allgemeinere Werke über Holzbearbeitung sind:

A. Ledebur, Die Verarbeitung des Holzes auf mechanischem Wege. Braunschweig 1881, Fr. Vieweg & Sohn.

Karl Pfaff und W. F. Exner, Die Werkzeuge und Maschinen zur Holzbearbeitung ausschließlich der Säge. Weimar 1882, B. Fr. Voigt.

M. Powis, Woodworking-Machinery. London 1880, Crosby Lockwood and Co.

Armengaud ainé, Les Scieries mécaniques et les Machines-Outils à travailler les bois. Paris, Armengaud.

H. Fischer, Die Werkzeugmaschinen, 2. Bd. Berlin 1901, Jul. Springer.

Die Sägemaschinen zur Metall[illegible] und für das Abschneiden von Walzeisen, sei es normal [illegible]

---

1) Sägenschleifmaschinen, au[illegible] selbsttätiger Schaltbewegung, baut Fr[illegible]

Metallbearbeitung zu wenig gewöhnt sind. Bezüglich der Metallkreissägen mit eingesetzten gezahnten Segmenten vgl. S. 505.

Sägen zur Steinbearbeitung.

Die Mehrzahl der in Anwendung stehenden Sägen zum Schneiden von Steinen arbeiten schleifend, denn das unverzahnte geradlinige hin- und herbewegte Sägeblatt bringt nur den Schleifsand zur Wirkung (s. Näheres bei Schleifen).

Es gibt jedoch auch eigentliche Steinsägen, welche für den Schnitt weicher Steine mit den oben besprochenen Kaltsägen übereinstimmen können oder namentlich für harte Steine mit Karbon (schwarzem Diamanten) arbeiten, dessen Kristalle in das Sägeblatt eingesetzt sind. Man setzt die Karbons unmittelbar in kleine Pflöckchen aus Stahl und diese erst in entsprechende Ausschnitte des Sägeblattes, wobei die Verbindung durch Schwalbenschwanz und Nietung höchst sorgfältig erfolgt. Es sind große Steinsägen mit geradlinig horizontal hin und her geführtem Blatte und solche mit Kreisscheiben in Anwendung, die Geschwindigkeit mag in ersterem Falle bei 2 *m*, im letzteren bei 30 *m* betragen. Das Mehl wird durch Wasser aus dem Schnitte entfernt.

V. Feilen.

Was Säge und Hobel dem Tischler sind, das ist Hammer und Feile dem Schlosser. In der handwerksmäßigen Metallbearbeitung ist die Feile das nach dem Hammer meist gebrauchte Werkzeug. Aber auch im maschinellen Betriebe läßt sich die Feilarbeit selten ganz umgehen, wenigstens spielt sie in den Reparaturwerkstätten eine wichtige Rolle.

Die Feile ist im allgemeinen ein stählernes Werkzeug, dessen Oberfläche durch regelmäßige Meißelhiebe mit schneidenden Zähnen versehen ist. Nur ausnahmsweise finden sich Feilen aus weichem Eisen und aus Hartguß; erstere für die Bearbeitung weicher Metalle, letztere für Appretur von Eisenguß.

Die aus Stahl hergestellten, also die fast allein in Verwendung stehenden Feilen, sind glashart gehärtet, nicht nachgelassen.

Bei der Erzeugung der Feilen ist das entsprechend vorgeschmiedete und abgeschliffene Stahlstück auf eine feste Unterlage (Hauamboß) gelegt, der Meißel wird geneigt aufgesetzt und mit dem Feilhauerhammer eingetrieben. Hierdurch entsteht eine Kerbe, welche sich aus einem vertieften und aufgetriebenen Teile zusammensetzt, der Hieb. War das Stahlstück eben geschliffen und die Meißelschneide geradlinig, so entsteht eine geradlinige scharfe Kante, welche sich ihrer ganzen Länge nach gleich hoch über das Werkstück erhebt.

Der geneigten Lage des Meißels entsprechend ist die vordere Wand des aufgeworfenen Grates überhängend, der Rücken ansteigend zur Kante. Hebt man den Meißel aus, setzt man ihn hinter dem Hiebe auf den Feilen-

körper und schiebt man ihn parallel zu sich selbst vor, so gelangt die Meißelschneide an den Rücken des Hiebes und steht hierdurch parallel und in angemessener Entfernung vom ersten Hiebe. Der Meißel wird nun wieder, und zwar mit gleicher Kraft eingetrieben und es entsteht eine zweite Kante usw.

Wenn die Feile nur eine Reihe paralleler Hiebe erhält, so heißt sie einhiebige Feile. In der Regel haut man die Feilen aber so, daß nach der ersten Serie von Hieben, dem Grundhiebe, eine zweite Reihe von Hieben gegeben wird, Oberhieb. Die Meißelstellung ist hierbei eine solche, daß der Oberhieb den Grundhieb regelmäßig kreuzt, durch welche Kreuzung spitze Zähnchen in regelmäßiger Verteilung entstehen. Die Feilen mit Doppelhieb sind die gewöhnlich gebrauchten, einhiebige Feilen stehen nur ausnahmsweise, für Holz und weiche Metalle, in Verwendung.

Der Winkel, unter dem der einfache Hieb oder bei doppelhiebigen Feilen der Oberhieb gegen die Längsachse der Feile gelegt wird, beträgt ungefähr 70°. Bei Feilen mit Doppelhieb sind die Winkel, unter welchen beide Hiebe liegen, absichtlich verschieden gehalten, damit die Kreuzungsstellen beider Hiebe, die Zähne, nicht in gerade Linien fallen, welche zur Längsachse parallel liegen, wie dies der Fall sein müßte, wenn die beiden gleichweiten Hiebe dieselbe Neigung zur Längsachse hätten; denn man will, daß die Zähne beim Längsschub der Feile die Arbeitsfläche gleichmäßig bearbeiten, nicht aber reihenweise hintereinander hergehen und so zur Bildung von Längsfurchen führen.

Was die Beschaffenheit des Hiebes betrifft, so kann dieser entweder grob, mittel oder fein sein. Zu den Feilen mit grobem Hiebe gehören die sogenannten Arm- und Strohfeilen, welch letztere den Namen nach der Art ihrer Verpackung tragen. Feilen mit mittlerem Hiebe nennt man Vorfeilen, auch wohl Bastardfeilen, die mit feinem Hiebe Schlichtfeilen. Manchmal folgt noch eine Stufe, die sogenannten Feinschlichtfeilen. — Feilen, bei denen der Hieb wiederum beinahe gänzlich abgeschliffen ist, oder welche anstatt des Hiebes nur die leichten Ritze eines Schleifsteines erkennen lassen, werden als Polierfeilen verwendet.

Die obigen Bezeichnungen sind alle nur relativ zur Größe der Feile zu verstehen, so daß der Hieb einer 40 *cm* Schlichtfeile gleich dem einer 15 *cm* Vorfeile sein kann; daher man nur aus der Zahl der Einschnitte pro Zentimeter auf die Feinheit einer Feile bestimmt schließen kann. Diese Zahl wechselt zwischen 6 bis 90 auf 1 *cm*.

Der Feilhauer bedarf einer außerdordentlich hohen Fertigkeit. Bei einer Feile, welche durchaus gleichbreit verläuft, muß Hieb für Hieb von derselben Intensität sein; bei Feilen aber, welche gegen ihr Ende an Breite abnehmen, müssen die Hiebe, weil von der Spitze gegen die Angel gehauen wird, an Kraft allmählich wachsen.

Ist auch mathematische Genauigkeit nicht möglich, so ist doch das, was gute Feilhauer wirklich leisten, zu bewundern. Wäre es möglich, die

Metallbearbeitung zu wenig gewöhnt sind. Bezüglich der Metallkreissägen mit eingesetzten gezahnten Segmenten vgl. S. 505.

Sägen zur Steinbearbeitung.

Die Mehrzahl der in Anwendung stehenden Sägen zum Schneiden von Steinen arbeiten schleifend, denn das unverzahnte geradlinige hin- und herbewegte Sägeblatt bringt nur den Schleifsand zur Wirkung (s. Näheres bei Schleifen).

Es gibt jedoch auch eigentliche Steinsägen, welche für den Schnitt weicher Steine mit den oben besprochenen Kaltsägen übereinstimmen können oder namentlich für harte Steine mit Karbon (schwarzem Diamanten) arbeiten, dessen Kristalle in das Sägeblatt eingesetzt sind. Man setzt die Karbons unmittelbar in kleine Pflöckchen aus Stahl und diese erst in entsprechende Ausschnitte des Sägeblattes, wobei die Verbindung durch Schwalbenschwanz und Nietung höchst sorgfältig erfolgt. Es sind große Steinsägen mit geradlinig horizontal hin und her geführtem Blatte und solche mit Kreisscheiben in Anwendung, die Geschwindigkeit mag in ersterem Falle bei 2 *m*, im letzteren bei 30 *m* betragen. Das Mehl wird durch Wasser aus dem Schnitte entfernt.

V. Feilen.

Was Säge und Hobel dem Tischler sind, das ist Hammer und Feile dem Schlosser. In der handwerksmäßigen Metallbearbeitung ist die Feile das nach dem Hammer meist gebrauchte Werkzeug. Aber auch im maschinellen Betriebe läßt sich die Feilarbeit selten ganz umgehen, wenigstens spielt sie in den Reparaturwerkstätten eine wichtige Rolle.

Die Feile ist im allgemeinen ein stählernes Werkzeug, dessen Oberfläche durch regelmäßige Meißelhiebe mit schneidenden Zähnen versehen ist. Nur ausnahmsweise finden sich Feilen aus weichem Eisen und aus Hartguß; erstere für die Bearbeitung weicher Metalle, letztere für Appretur von Eisenguß.

Die aus Stahl hergestellten, also die fast allein in Verwendung stehenden Feilen, sind glashart gehärtet, nicht nachgelassen.

Bei der Erzeugung der Feilen ist das entsprechend vorgeschmiedete und abgeschliffene Stahlstück auf eine feste Unterlage (Hauamboß) gelegt, der Meißel wird geneigt aufgesetzt und mit dem Feilhauerhammer eingetrieben. Hierdurch entsteht eine Kerbe, welche sich aus einem vertieften und aufgetriebenen Teile zusammensetzt, der Hieb. War das Stahlstück eben geschliffen und die Meißelschneide geradlinig, so entsteht eine geradlinige scharfe Kante, welche sich ihrer ganzen Länge nach gleich hoch über das Werkstück erhebt.

Der geneigten Lage des Meißels entsprechend ist die vordere Wand des aufgeworfenen Grates überhängend, der Rücken ansteigend zur Kante. Hebt man den Meißel aus, setzt man ihn hinter dem Hiebe auf den Feilen-

körper und schiebt man ihn parallel zu sich selbst vor, so gelangt die Meißelschneide an den Rücken des Hiebes und steht hierdurch parallel und in angemessener Entfernung vom ersten Hiebe. Der Meißel wird nun wieder, und zwar mit gleicher Kraft eingetrieben und es entsteht eine zweite Kante usw.

Wenn die Feile nur eine Reihe paralleler Hiebe erhält, so heißt sie einhiebige Feile. In der Regel haut man die Feilen aber so, daß nach der ersten Serie von Hieben, dem Grundhiebe, eine zweite Reihe von Hieben gegeben wird, Oberhieb. Die Meißelstellung ist hierbei eine solche, daß der Oberhieb den Grundhieb regelmäßig kreuzt, durch welche Kreuzung spitze Zähnchen in regelmäßiger Verteilung entstehen. Die Feilen mit Doppelhieb sind die gewöhnlich gebrauchten, einhiebige Feilen stehen nur ausnahmsweise, für Holz und weiche Metalle, in Verwendung.

Der Winkel, unter dem der einfache Hieb oder bei doppelhiebigen Feilen der Oberhieb gegen die Längsachse der Feile gelegt wird, beträgt ungefähr 70°. Bei Feilen mit Doppelhieb sind die Winkel, unter welchen beide Hiebe liegen, absichtlich verschieden gehalten, damit die Kreuzungsstellen beider Hiebe, die Zähne, nicht in gerade Linien fallen, welche zur Längsachse parallel liegen, wie dies der Fall sein müßte, wenn die beiden gleichweiten Hiebe dieselbe Neigung zur Längsachse hätten; denn man will, daß die Zähne beim Längsschub der Feile die Arbeitsfläche gleichmäßig bearbeiten, nicht aber reihenweise hintereinander hergehen und so zur Bildung von Längsfurchen führen.

Was die Beschaffenheit des Hiebes betrifft, so kann dieser entweder grob, mittel oder fein sein. Zu den Feilen mit grobem Hiebe gehören die sogenannten Arm- und Strohfeilen, welch letztere den Namen nach der Art ihrer Verpackung tragen. Feilen mit mittlerem Hiebe nennt man Vorfeilen, auch wohl Bastardfeilen, die mit feinem Hiebe Schlichtfeilen. Manchmal folgt noch eine Stufe, die sogenannten Feinschlichtfeilen. — Feilen, bei denen der Hieb wiederum beinahe gänzlich abgeschliffen ist, oder welche anstatt des Hiebes nur die leichten Ritze eines Schleifsteines erkennen lassen, werden als Polierfeilen verwendet.

Die obigen Bezeichnungen sind alle nur relativ zur Größe der Feile zu verstehen, so daß der Hieb einer 40 *cm* Schlichtfeile gleich dem einer 15 *cm* Vorfeile sein kann; daher man nur aus der Zahl der Einschnitte pro Zentimeter auf die Feinheit einer Feile bestimmt schließen kann. Diese Zahl wechselt zwischen 6 bis 90 auf 1 *cm*.

Der Feilhauer bedarf einer außerdordentlich hohen Fertigkeit. Bei einer Feile, welche durchaus gleichbreit verläuft, muß Hieb für Hieb von derselben Intensität sein; bei Feilen aber, welche gegen ihr Ende an Breite abnehmen, müssen die Hiebe, weil von der Spitze gegen die Angel gehauen wird, an Kraft allmählich wachsen.

Ist auch mathematische Genauigkeit nicht möglich, so ist doch das, was gute Feilhauer wirklich leisten, zu bewundern. Wäre es möglich, die

einzelnen Hiebe mathematisch gleichweit voneinander anzubringen, so müßten die Kreuzungsstellen von Grund- und Oberhieb, die Zähne, in geraden Linien liegen, deren Abstand der Diagonale des kleinen Rhombus, welchen je zwei benachbarte Grund- und Oberhiebe miteinander bilden, nahezu gleich wäre. Man nimmt diese Spitzenlinien deutlich wahr, wenn man die Feile der Länge nach gegen das Licht hält und unter ziemlich spitzem Sehwinkel betrachtet. Diese Linien, „Schnürl“, zeigen deutliche wellenförmige Abweichungen von der Geraden und die Feilhaumaschinen sind so gebaut, daß sie die „Schnürl“ der von Hand aus gehauenen Feilen nachahmen. Die größere Regelmäßigkeit dieser Wellen bei den mit der Maschine gehauenen Feilen läßt sie von den mit der Hand gehauenen unterscheiden.

Die Feilhaumaschinen sind bereits so ausgebildet, daß sie die Handarbeit für die gewöhnlichen Formen und Hiebstärken vollkommen ersetzen. Es ist aber notwendig, die Maschinen in verschiedenen Größen und mit verschiedenen Einspannvorrichtungen zur Anwendung zu bringen, und ist dies natürlich nur bei Massenfabrikation in eigenen Feilenfabriken möglich.[1])

Wenn eine Feile auf einer Seite den Hieb erhalten hat und die Gegenseite zu hauen ist, so wird die Feile auf eine Bleiplatte und diese auf den Amboß gelegt, damit der Hieb geschont wird. Besondere Querschnittsformen verlangen besondere, dazu passende Unterlagen.

Sind die Feilen fertig gehauen, so werden sie gehärtet, und zwar nur der mit Hieb versehene Teil glashart,[2]) während die Angel weich bleiben soll. Der Feilenstahl muß einen hohen Härtegrad annehmen können. Damit die Zähnchen der Feile beim Erhitzen keinen Glühspan ansetzen, wodurch sie stumpf würden, überzieht man die Feile mit einem Brei, dessen wichtigster Bestandteil geröstetes Hornpulver oder auch Spodium ist. Die Angeln werden nicht glühend gemacht oder falls dies geschah und sie auch hart geworden sind, so können sie durch Fassen in glühende Zangen wieder weich gemacht werden. Es stehen besondere Einrichtungen, Glühöfen usw. in Verwendung.

Die Feilen werden hauptsächlich mit Bezugnahme auf die Gestalt des Querschnittes, jedoch auch mit Rücksicht auf die Art des Hiebes, ihre besondere Bestimmung und andere Umstände benannt.

Die größten Feilen, im Querschnitt quadratisch und gegen das Ende verjüngt, ohne in eine Spitze auszulaufen, mit schwach gekrümmten Seitenflächen, heißen Armfeilen. Sie dienen für grobe Arbeiten als Vorfeilen, der Hieb ist grob, sein Abstand bei 1 *mm*.

---

[1]) Es sei auf die neueren Patente verwiesen, insbesondere auf jene von Ambrose Shardlow, Josef und Theodor Fischer und der St. Egydyer Eisen- und Stahl-Ind.-Gesellsch. Eine große Feilenfabrik befindet sich in Furthof bei St. Egydy, Nieder-Österreich.

[2]) Probe. Beim kräftigen Bestreichen mit der Bruchecke einer guten, gebrochenen Feile soll kein Umlegen, sondern ein Ausbrechen des Hiebes erfolgen. Ein federhartes Stahlstück soll auf dem Hiebe keine sichtbare Spur (weißen Strich) zurücklassen und mit gleich bleibendem Widerstand über die Feile gleiten.

Feilen von rechteckigem Querschnitte ( ), durch die ganze Länge gleich breit und an einer der Schmalseiten unbehauen, werden *Ansatzfeilen* genannt, weil sie sich infolge der einen glatten Seitenfläche sehr gut eignen, an Ansätzen ( ), ohne dieselben anzugreifen, das nebenliegende Material zu bearbeiten. Der Hieb kann mittelgrob bis sehr fein sein.

Die *spitzflachen* Feilen haben auch rechteckigen Querschnitt, doch nimmt ihre Breite gegen die Spitze ab; alle vier Seiten besitzen Hieb.

Die *halbrunden*, *dreieckigen*, *viereckigen* und *runden* Feilen haben in der Regel gegen die Spitze abnehmenden Querschnitt, sind durchweg mit Hieb versehen, dessen Feinheit verschieden sein kann. Die Querschnitte sind Kreissegmente, gleichseitige Dreiecke, Quadrate und Kreise. Kleine Rundfeilen, deren größter Durchmesser 3 bis 4 *mm* beträgt, werden *Rattenschwänze* genannt.

Vogelzungen heißen Feilen, deren Querschnitt ein sphärisches Zweieck von flacher Krümmung ( ), *Karpfenzungen* solche, deren ähnlicher Querschnitt starke Krümmung ( ) aufweist.

Messerfeilen haben die Hauptform eines Schnitzers, statt der Schneide findet sich aber eine schmale, mit Hieb versehene Fläche, auch die Seitenflächen sind behauen.

Einstreichfeilen haben sechseckigen durchweg gleichen Querschnitt, doch sind zwei entgegengesetzt stehende Flächen sehr schmal, so daß der Querschnitt annähernd rhombische Gestalt annimmt, wobei die eine Achse des Rhombus etwa sechs- bis achtmal größer als die andere ist. Die Messerfeile und die Einstreichfeile werden benützt, schmale Schlitze in Arbeitsstücke einzufeilen.

Die *Wälzfeile* ist eine gleich breite Feile, deren zylindersegmentförmige Rückenfläche glatt ist, während die ebene Fläche Hieb besitzt. Man benutzte diese Feilen seinerzeit zum Abrunden, „wälzen", der Zähne kleiner Zahnräder, wobei die unbehauene Fläche dem Nachbarzahne keinen Schaden beifügen konnte. Für ähnliche Zwecke werden diese Feilen auch jetzt noch verwendet.

Mit der Bezeichnung *Riffelfeilen* faßt man alle jene S-förmigen Feilen ( ) zusammen, welche aus zwei in der Längenrichtung gekrümmten, durch einen glatten (unbehauenen) Schaft verbundenen Feilen bestehen. Der mit Hieb versehene Teil kann halbrund, rund, flach usw. sein. Diese Feilen werden insbesondere dazu verwendet, konkav gekrümmte Flächen zu bearbeiten. Sie stehen auch vielfach zur Nacharbeit von kleinem Kunstguß in Verwendung.

Ähnlichen Zwecken dienen, insbesondere bei der Bearbeitung von Edelmetall, die *Nadelfeilen*. Es sind dies ungehärtete kleine Feilen verschiedensten Querschnittes, wohl auch aus weichem Eisen hergestellt, welche vom Arbeiter nach Bedarf gebogen werden können.

Für die Bearbeitung *großer ebener Flächen* verwendet man flache Feilen, deren Schwanz (sonst die Angel) zu einem Griffe aufgebogen

ist, so daß die Feile ihrer ganzen Länge nach an der zu bearbeitenden Fläche anliegen kann.

Für sehr kleine Arbeitsstücke, welche entweder zwischen den Fingern oder in einem kleinen Feilkloben gehalten und über die Feile hingeführt werden, bedient man sich mit Vorteil der Liegefeilen. Es sind dies größere, im Querschnitte rechteckige, prismatische mit Hieb versehene Stahlstücke, welche durch ihr Eigengewicht, auf der Werkbank liegend, dem beim Feilen entstehenden Zuge genügend widerstehen.

Für spezielle Zwecke werden auch Fasson- oder Profilfeilen angewendet. Diese Feilen besitzen durchaus gleichen, profilierten Querschnitt.

Zu den Feilen sind auch die sogenannten Spitzringe, so genannt, weil sie besonders zum Zuspitzen von Draht (Nadeln) verwendet werden, zu rechnen. Es sind dies Stahlscheiben, welche an der zylindrischen Mantelfläche mit Hieb versehen sind und gewöhnlich einen Durchmesser von 30 bis 100 *mm*, eine Dicke von 20 bis 60 *mm* besitzen, doch werden sie auch in größeren Abmessungen angewendet. Verwandt mit den Spitzringen sind die sogenannten Schneidrädchen. Auch diese sind an der Umfläche mit Hieb versehen, aber sie sind weit dünner; bei 40 *mm* Durchmesser etwa 2 bis 3 *mm* dick. Man rechnet sie nicht mehr zu den Feilen, sondern bereits zu den Fräsen, von welchen wir später sprechen. Spitzringe und Schneidrädchen werden mit einer rotierenden Spindel verbunden, daher rotierend verwendet.

Das Arbeiten mit der Feile geht immer so vor sich, daß zuerst die gröbsten Feilen, die man verwenden will, benutzt werden, um die Fläche zu ebnen (das Bestoßen), und hierauf in richtiger Stufenfolge die feineren Feilen, deren Anwendung den Zweck hat, den groben Feilstrich durch einen stufenweise feineren zu ersetzen, ohne noch viel zur Formveränderung beizutragen (das Schlichten).

Die feinen Feilen werden auf Schmiedeeisen und Stahl oft mit Öl gebraucht, welches mit den Feilspänen eine Art Paste bildet, die durch teilweises Verlegen des Hiebes einerseits ein sanfteres Angreifen der Feilen, anderseits aber das Festsetzen gröberer Späne verhindert.

Sind Feilen durch Feilspäne verlegt (verstopft), so werden sie entweder durch Streichen des Hiebes mit einer Stahlspitze oder bei feineren durch Benutzung von Kratzbürsten oder durch ein auf ein Brettchen aufgenageltes Stück Baumwollkratze gereinigt, wobei einige Tropfen Benzol, auf die Feile gebracht, durch Auflösen des verdickten Öles die Reinigung sehr erleichtern.

Ein richtiges Feilen gehört zu den schwierigsten Arbeiten des Metallarbeiters. Gut gefeilte Arbeiten zeigen ebene glatte Flächen, scharfe Kanten, regelmäßigen Feilstrich, d. h. lauter kleine, gleich tiefe, untereinander parallele Striche, die bei schmalen Gegenständen der Länge nach, nicht querüber oder schief liegen sollen. Als Hilfsmittel zur Überprüfung benutzt der Arbeiter Winkelmaß, Richtschiene und Richtplatte. Bei dem Rundfeilen

kleinerer Gegenstände werden diese in Feilkloben eingespannt, in die Rinne eines im Schraubstocke eingespannten Holzes (Feilholz) eingelegt und durch Hin- und Herdrehen in dieser Rinne und gleichzeitiges Befeilen gerundet.

Das Schärfen stumpf gewordener Feilen kann zweimal durch richtig angewendetes Sandstrahlgebläse (s. bei Schleifen) erfolgen; dann müssen die Feilen neuerlich gehauen werden. Das Nachhauen erfordert das Entfernen des alten Hiebes und Weichmachen (Ausglühen). Ersteres geschieht vor oder nach dem Ausglühen durch Schleifen, zuweilen auch bei grobem Hiebe durch Fräsen oder durch Hobeln auf besonders hierzu eingerichteten Maschinen (Reinach in Berlin). Eintauchen in Kalkwasser schützt die geschliffenen Feilen vor Oxydation und gestattet, die Feilen nach Maßgabe der Arbeitseinteilung dem Hauen zuzuführen.

Raspeln.

Raspeln sind Werkzeuge ähnlicher Form und Herstellungsweise wie die Feilen. Statt eines Meißels mit geradliniger oder auch krummliniger Schneide wird ein in eine Spitze endigender Meißel verwendet. Die Wirkung besteht in dem Auftreiben eines scharfen Zahnes bei jedem Hiebe. Die Zähne sollen in gleicher Größe und gleichmäßiger Verteilung auf der Oberfläche der Raspel gebildet werden.

Raspeln werden zur Bearbeitung von Holz, Horn und weichen Metallen angewendet und sind sie nur in wenigen Formen, mit rechteckigem, halbrundem und rundem Querschnitte gangbar.

VI. Fräsen.

Fräsen[1]) sind Werkzeuge mit mehreren Schneiden, welche in einer Rotationsfläche liegen und hintereinander zur Wirkung gelangen. Hervorgegangen sind die Fräsen aus den Schneidrädchen, welche wir bei Besprechung der Feilen bereits kennen lernten.

Während aber die Schneidrädchen auf ihrer Umfläche mit einer großen Zahl sehr kleiner durch Hieb erzeugter Zähnchen versehen sind, weisen die Fräsen eine weit kleinere Zahl großer Zähne auf. Es liegt nun wohl die Frage nahe, was vorteilhafter ist, die Anwendung der Schneidrädchen mit feilenartigem Hiebe oder der gegenwärtig gebrauchten Fräsen mit großen Zähnen.

Die Antwort fällt zugunsten der modernen Form deshalb aus, weil man eine stumpf gewordene Fräse, welche große Zähne besitzt, durch Nachschleifen der einzelnen Zähne wieder scharf machen kann, während man ein stumpf gewordenes Schneidrädchen ausglühen, abschleifen, neu hauen und härten muß. Es ist also die Instandhaltung des Werkzeuges der modernen Form eine einfachere, rascher zum Ziele führende. Auch verliert

[1]) Reuleaux führte dieses Wort auf die vor Jahrhunderten für Halskrause gebrauchte Bezeichnung „Fräse“ zurück.

der Stahl durch das Ausglühen und wieder Härten an Qualität; das Schneidscheibchen wird allmählich an Güte einbüßen, während man eine Fräse oftmals frisch schleifen kann, ohne daß der Stahl an Härte und Güte verliert.

Die Fräsen können in ihrer Form außerordentlich mannigfach sein, so mannigfach als Rotationsflächen es sein können.

Die richtige Wirkung der Fräsen ist an die Bedingung geknüpft, daß ihre Schneiden tatsächlich in einer Rotationsfläche liegen und daß ihre Drehungsachse zugleich geometrische Achse dieser Rotationsfläche ist. Auch müssen die Fräszähne, damit sie schneidend wirken können, einen Schneidwinkel besitzen, der höchstens 90° betragen darf, und, damit die Zähne ins Material einzudringen vermögen, einen Anstellwinkel größer als Null.

Es ist nicht leicht, der ersten Bedingung, die Schneiden sollen sämtlich in derselben Rotationsfläche liegen, zu entsprechen. Es verlangt diese Bedingung einen hohen Grad von Genauigkeit bei Herstellung und Instandhaltung der Fräsen. Wird dieser Bedingung nicht mit hohem Genauigkeitsgrade entsprochen, so leisten die einzelnen Zähne ungleiche Arbeit. Dies ist auch immer dann der Fall, wenn man die Fräsen von Hand aus schleift. Nur dann, wenn Fräse und Fräsmaschine richtig gewartet werden, ist die Arbeit vorzüglich und billig; zur richtigen Wartung der Fräse, auch der neuen, zum ersten Male gehärteten, gehört der maschinelle Schliff.

Im nächsten Kapitel werden die Fräsenschleifmaschinen zu besprechen sein, hier genügt es, die theoretischen Bedingungen besprochen zu haben, welche zu erfüllen sind; diese sind richtige Lage aller Schneiden in derselben Rotationsfläche und zweckentsprechende Schneid- und Anstellwinkel der Fräszähne.

Die Gestaltung der Fräsen kann, wie eingangs hervorgehoben, eine sehr verschiedene sein und die folgenden Abbildungen geben nur einige charakteristische Beispiele.

Die einfache Scheibenfräse[1]), Abb. 673, wird geeignet sein, Arbeitsstücke von geringerer Breite als die Dicke der Fräse ihrer Länge nach zu bearbeiten, z. B. die Schmalseite einer Richtschiene, und hängt es von der Relativbewegung der Fräse zum Arbeitsstücke ab, ob die Anarbeitungsfläche eine Ebene oder eine krumme Fläche ist. Man wird mit dieser Fräse aber auch Schlitze rechteckigen Querschnittes einschneiden können, allerdings mit dem Übelstande, daß sich die Seitenflächen im Schlitze reiben, weil die Zahnbreite gleich der Dicke ist. Bei dieser Arbeit würde somit derselbe Übelstand auftreten, welcher bei einer Säge eintritt, deren verzahnte Kante gleich dick mit dem Blatte ist. Hier wird dieser Übelstand etwas geringer fühlbar, weil die Fräse glatter schneidet; man kann ihn beheben, wenn die Seitenflächen der Fräse etwas konkav ausgedreht oder

[1]) Man könnte diese Fräse auch Achsialfräse nennen, weil ihre Schneiden parallel zur Achse liegen oder Zylinderfräse, weil die Schneiden eine Kreiszylinderfläche durchlaufen, oder Planfräse, wenn sie ihren Abmessungen nach insbesondere dazu be stimmt sein kann, breitere ebene Flächen anzuarbeiten.

geschliffen werden, so daß die Fräse gegen die Achse zu etwas geringere Dicke besitzt. Die Teilung dieser Fräse älterer Art ist klein, daher die Zähnezahl groß, man würde jetzt bei einer Fräse gleichen Durchmessers nur 13 bis 14 Zähne anarbeiten.

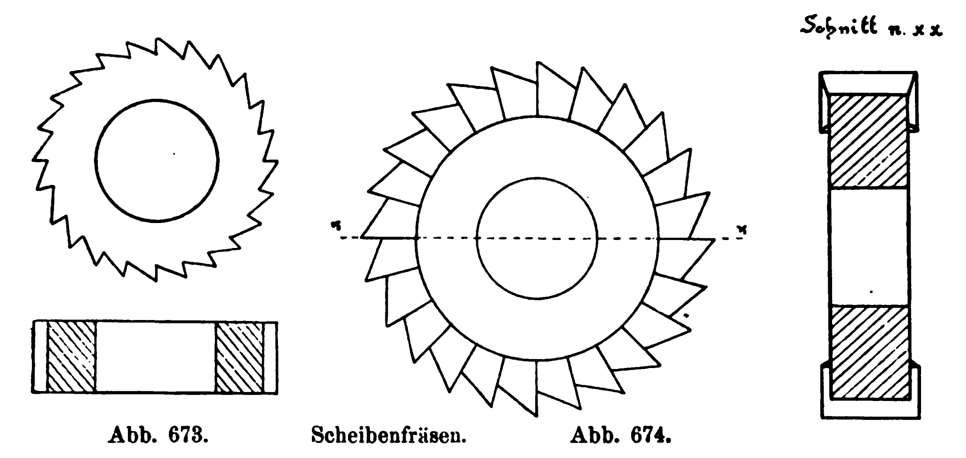


Abb. 673. Scheibenfräsen. Abb. 674.

Eine Scheibenfräse, deren Schneiden sowohl an der Umfläche als an beiden Stirnflächen angebracht sind, zeigt Abb. 674. Mit dieser Fräse können Einschnitte weit besser eingearbeitet werden, weil die seitlichen Zähne dem gegen die Achse liegenden Fräskörper freien Raum schaffen, aber der Schliff einer solchen Fräse erfordert die dreifache Arbeit und zudem eine vollkommener eingerichtete Schleifmaschine. Derselbe Zweck läßt sich weit einfacher durch dreifache Hinterdrehung erreichen.

Weisen die Fräsen die Form längerer Zylinder auf, d. h. liegen die geraden oder schraubenförmigen Schneiden in Kreiszylinderflächen, Abb. 675 I bis III, so nennt man diese Fräsen Zylinderfräsen. Ihr Schaft kann sich zum Einsetzen in eine entsprechend gestaltete Bohrspindel eignen und es kann dann die Bohrmaschine zur Fräsmaschine werden. Läßt man diese Fräsen nicht in eine ebene Fläche enden, sondern versieht man die Unterseite mit radialen Zähnen, Abb. 675 III, so kann man mit solchen Fräsen auch bohren, beziehungsweise Löcher ausfräsen. Die Anwendung solcher Fräsen zur Erzeugung von Langlöchern vermindert die Arbeitszeit auf etwa den fünften Teil und wurde durch die

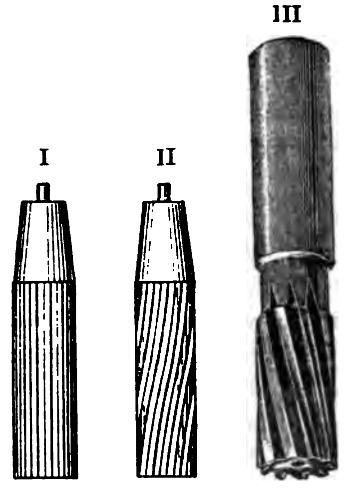


Abb. 675. Zylinderfräsen.

Maschinenfabrik De Fries & Ko. in Düsseldorf eine diesbezügliche Langlochbohrmaschine eingeführt. Die Zylinderfräsen werden häufig in Verbindung mit Schablonen zur Ausarbeitung mannigfach gekrümmter Zylinderflächen

(Leitlinie beliebig) angewendet. Mit dem Tische ist dann sowohl Arbeitsstück als Schablone verbunden und man verschiebt den Tisch mittels der beiden zueinander senkrechten Schrauben derart, daß die Schablone stets an einem Bunde der Frässpindel anliegt. Das Wesentliche der Formgebung stimmt vollkommen mit dem überein was bereits auf S. 471 besprochen wurde; nur kann der Vorschub des Arbeitsstückes hier nicht von Hand aus, so wie dort beschrieben, erfolgen, denn der Arbeiter vermöchte nicht den erforderlichen Andruck hervorzubringen, sondern es muß der Tisch gemeinsam mit Schablone und Werkstück maschinell verschoben und dadurch dieses an die Fräse angedrückt werden.

Erhält der Tisch eine selbsttätige, kontinuierliche, geradlinige Schaltbewegung, so wird die Zylinderfräse eine ebene Fläche anarbeiten, erhält er eine kontinuierliche Drehbewegung, so wird die Anarbeitungsfläche eine Kreiszylinderfläche sein; wendet man beide Schaltbewegungen hintereinander an, so wird man Kombinationen dieser Flächen erhalten.

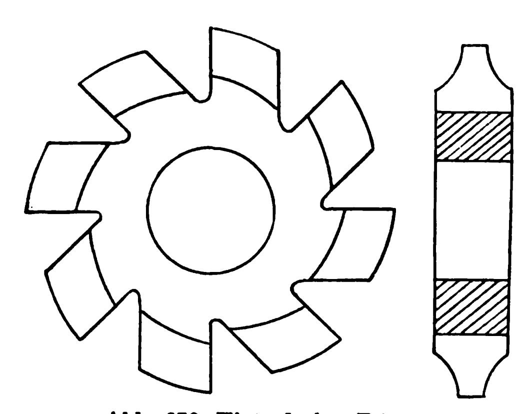


Abb. 676. Hinterdrehte Fräse.

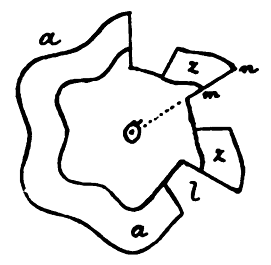


Abb. 677. Ältere Herstellung der hinterdrehten Fräse.

S t i r n f r ä s e n heißen solche Fräsen, deren Schneiden r a d i a l e Lage haben, sie können gleichzeitig auch Scheibenfräsen oder Zylinderfräsen sein.

Eine F a s s o n f r ä s e, und zwar speziell für das Fräsen von Stirnrädern bestimmt, zeigt Abb. 676. Diese Fräse, eine sogenannte h i n t e r d r e h t e F r ä s e, wird nicht vom Rücken der Zähne, sondern von der Vorderseite (Stirn) der Zähne geschliffen, und bleibt hierbei das P r o f i l des Fräsezahnes, daher auch das P r o f i l des Einschnittes, welchen man mit dieser Fräse machen kann, k o n s t a n t.

H i n t e r d r e h t e F r ä s e n sind zwar gewöhnlich Fassonfräsen, doch können auch Scheiben- und Zylinderfräsen mit Vorteil als hinterdrehte Fräsen hergestellt werden. Hier wird der zum Schneiden mittels jeder Fräse (wie allgemein bei jedem Werkzeuge) unbedingt erforderliche A n s t e l l w i n k e l (S. 387) nicht durch Anschliff der Zähne von der Rückenseite, sondern durch die besondere Formgebung, durch P a s s i g d r e h e n er-

halten. Man erzielt zunächst eine Wellenscheibe, deren Gestaltung von der Passigbank abhängig ist.

Nach einer Vorarbeit aus dem Groben durch gewöhnliche Drehwerkzeuge wird zur Ausbildung der in Abb. 677 dargestellten Wellenscheibe ein *Fassonstahl* benutzt. Wie gewöhnlich ist auch dieser Drehstahl in der Höhe der Drehbankspindel angestellt, so daß seine fassonnierte Schneide in der durch die Achse der Spindel gelegten Horizontalebene liegt. Bei allmählicher Annäherung des Fassonstahles gegen die Scheibenachse findet die Wellenbildung und schließlich Vollendung statt, und zwar so, daß dann jeder Radialschnitt innerhalb der Wirkungszone des Fassonstahles die genaue Gegenform zum Fassonstahle aufweist, d. h. die Radialschnitte der fassonierten *Welle* sind untereinander kongruent. Schneidet man hierauf aus der Wellenscheibe gleiche Stücke aus, wie es die Abb. 677 zeigt, so werden Zähne z gebildet, deren Stirnflächen mn die genaue Gegenform des angewendeten Fassonstahles sind. Die Stirnflächen der Zähne müssen aber auch im gleichen Abstande von der Achse liegen, und dies wird erreicht, wenn jeder Einschnitt zu dem Nachbareinschnitte um jenen Winkel versetzt ist, welcher dem Mittelpunktswinkel einer Welle, in unserem Falle 60°, entspricht.

Macht man breite Einschnitte wie in Abb. 677, so schafft man viel Raum für die Späne, schwächt aber die Zähne. Abb. 676 zeigt minder breite Einschnitte, dafür kräftigere Zähne, welche natürlich widerstandsfähiger sind als jene nach Abb. 677.

Stärkere Zähne, bei gleicher Zähnezahl und gleichem Fräsendurchmesser kann man durch die Bildung *unsymmetrischer* Wellen erhalten, aber hierbei kommt, wie Abb. 678 zeigt, das Werkzeug in Stellungen zur

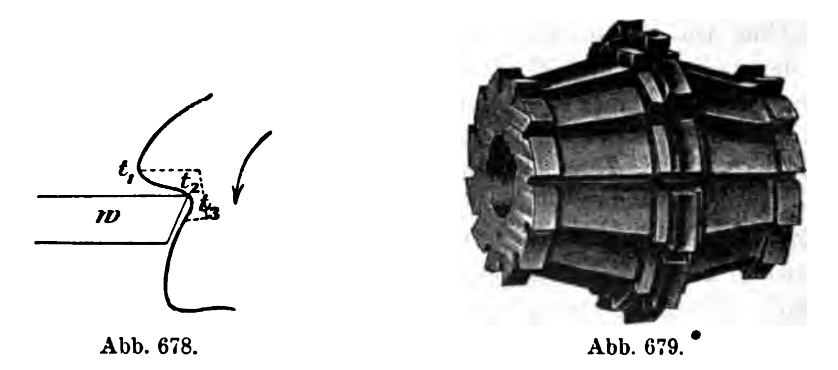


Abb. 678. Abb. 679.

Wellenscheibe, bei welchen es nur mehr schabend wirken könnte. Dies ist unzulässig und wird einfach dadurch vermieden, daß man *die Einschnitte früher im Werkstück anbringt*, also bevor man unrund dreht. Es ist dies auch vorteilhaft bei Herstellung von Fräsen, deren Wellen symmetrische Gestalt besitzen. Durch diesen Kunstgriff, welcher bei der mannigfachsten Fräsenform anwendbar ist, lassen sich Fassonfräsen herstellen, wie eine solche als Beispiel in Abb. 679 dargestellt ist. Beim Nach-

schliff von der Zahnbrustseite bleibt das Profil der Schneide unverändert, weil die äußere Begrenzungslinie jedes Radialschnittes der Fräse der Gegenform des Fassonstahles entspricht, dessen obere Begrenzungsebene, wie wir bereits wissen, bei der Dreharbeit stets durch die Achse des Werkstückes (der Fräse) geht, also zur Fräse radial liegt.

Werden solche Fräsen stumpf, so sind die Zähne von ihrer Brustseite radial nachzuschleifen, und zwar genau so viel, daß die Ebenen je zweier benachbarter Zähne miteinander genau den Mittelpunktswinkel der Wellen einschließen, in Abb. 677 den Winkel von 60°, in Abb. 676 den Winkel von 45°. Durch das radiale Nachschleifen werden natürlich die Zähne schwächer, doch behalten sie immerhin sehr lange genügende Widerstandsfähigkeit, um brauchbar zu sein.

Brown & Sharpe waren die ersten, welche die hinterdrehten Fräsen erzeugten.

Der Anstellwinkel muß stets größer als Null sein; es ist aber kein besonderer Wert darauf zu legen, daß derselbe durch den Anschliff unverändert bleibe. Bei den hinterdrehten Fräsen den Zahnrücken nach der logarithmischen Spirale auszubilden, ist daher nicht unbedingt nötig. Fassonnierte Fräsen bedürfen zu ihrem Anschliffe (von der Brustseite der Zähne aus) nur einfacher scharfrandiger Schmirgelscheiben, deren Relativbewegung parallel zur Achse der Fräse erfolgt.

Alle Passigbänke, welche mit Schablonen arbeiten (S. 467), lassen unsymmetrische Wellen bilden, weil man nur die Schablone entsprechend zu wählen braucht. Reinecker's Passigbank liefert auch unsymmetrische Wellen, und ist zudem so eingerichtet, daß man die Zähne von Scheibenfräsen auch seitlich hinterdrehen kann, wodurch derlei Fräsen Schlitze oder Nuten ohne jede Zwängung fräsen. Es nimmt natürlich die Zahnbreite durch den radialen Zuschliff ab, das Profil bleibt also nicht konstant.

Speziell zur Herstellung hinterdrehter Fräsen sind Hinterdrehvorrichtungen erfunden worden, welche sich an gewöhnlichen Drehbänken anbringen lassen. Besonders schön ist die Konstruktion des Amerikaners Balzer, welche in Abb. 680 dargestellt ist.

Zwischen die Spitzen der Drehbank wird die Spindel *a* mit Arm und Mitnehmer exzentrisch eingespannt und erhält von der Drehbankspindel rotierende Bewegung durch eine Mitnehmerscheibe. Über die Achse oder Spindel *a* ist eine Hülse (Rohr) *d'* geschoben, auf welcher bei *d'*, Abb. 680 I, die zu drehende Scheibe — Fräse — befestigt wird. Dieses Arbeitsstück wird in seinen Bewegungen demnach abhängig sein von den Bewegungen, welche der Spindel *a* und der Hülse *d'* gegeben werden. Die Spindel *a* rotiert stetig, aber um eine exzentrische Achse, die Hülse *d'* ist bald festgehalten, bald wird sie um einen gewissen Winkel gedreht, dessen Größe sich durch ein verstellbares Exzenter bestimmen läßt. Demnach erhält die herzustellende unrunde Scheibe kombinierte Bewegungen, nämlich ruckweise Drehung mit der Hülse *d'* um die exzentrische Spindel *a* und eine zweite Bewegung

vom und gegen das Werkzeug infolge der Drehung dieser Spindel; die eine der Bewegungen liefert den Zahnrücken, die zweite das kurze Verbindungsstück mit dem folgenden Zahnrücken. (Vergl. S. 519 unten.)

Die Konstruktionsteile haben folgende Anordnung und Wirkung. Mit dem Arme a der Spindel a ist eine Schraube b radial verstellbar verbunden, welche ihre Mutter in der Exzenterscheibe c'' findet und dadurch c'' mit a vereinigt. Die Größe der Exzentrizität von c'' läßt sich durch Versetzung der Schraube b im Arme a und zufolge des Langloches in c'', durch welches die Spindel a hindurchgeht, verändern.

Der Exzenterring c ist nach beiden Seiten verlängert und trägt einerseits den Sperrkegel c', anderseits läuft er in einen geschlitzten Fortsatz aus, welcher um einen Zapfen schwingen kann. Das Exzenter c'' bewirkt

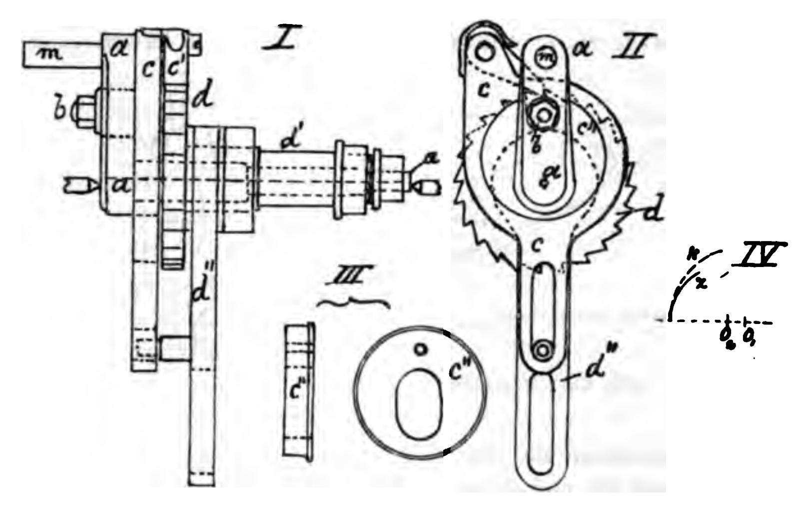


Abb. 680. Balzer's Hinterdrehapparat.

daher solche Bewegungen von cc', daß das Sperrad d ruckweise Drehungen erhält. Weil nun Rad d fest auf der Hülse d' sitzt, so wird auch diese Hülse und dadurch auch das Arbeitsstück ruckweise gedreht. Während der Drehung wirkt das Werkzeug auf das Arbeitsstück annähernd nach einem Kreisbogen z, Abb. 680 IV, ein, welcher entsprechend der exzentrischen Lagerung $o_1\ o_2$ der Spindel a hinter jenem Kreise k zurücktritt, welcher der Entfernung des Werkzeuges von der Drehbankspindel entsprechen würde. Dadurch wird hinterdreht. Bei der weiteren Drehung von a wird zufolge der exzentrischen Lage von a jene kurze Übergangskurve erhalten, welche das soeben erzeugte Bogensegment z mit dem nächstfolgenden verbindet. Das Bilden der Fräszähne erfolgt durch Einschneiden von Zahnlücken, wenn man nicht vorzieht, die Einschnitte vor dem Hinterdrehen anzubringen.

Für die Bearbeitung größerer ebener Flächen werden Fräsen selten angewendet, weil sich hierbei nicht unbedeutende praktische Schwierigkeiten einstellen. Wannieck in Brünn hat Zylinderfräsen größerer Ab-

messungen, wie Abb. 681 eine solche zeigt, mit eingesetzten Messern wohl mit gutem Erfolge angewendet, doch erfordern diese Messer eigene Schleifmaschinen und große Sorgfalt beim Schliffe.

Mit eingesetzten Messern arbeitet auch die sogenannte Kreisfeilmaschine. Die Messer ragen gleichweit über die Stirnfläche einer Scheibe vor, in welcher sie parallel zur Achse eingesetzt sind. Um diese Messer richtig einstellen zu können, bedarf es einer Vorsteckscheibe, welche beim Einstellen der Messer parallel zur Stirnfläche des Messerkopfes angebracht wird. Der Messerkopf oder die Scheibe kann bis zu bedeutendem Durchmesser angewendet werden und der wesentlichste Vorteil liegt in der leichten Zuschärfung der Messer, welche einzeln erfolgt.

Zu den Fräsen können auch die Versenker gerechnet werden, welche die Aufgabe haben, das Ende eines Bohrloches entweder konisch oder zylindrisch zu erweitern. Der Zweck dieser Erweiterung ist ge-

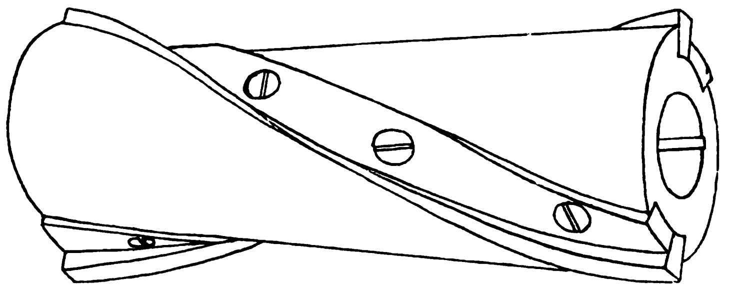


Abb. 681. Wannieck's Fräse.

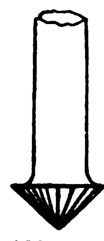


Abb. 682. Versenker.

wöhnlich der, den Raum für den Kopf einer Schraube zu liefern, welche in das Loch eingesetzt ist und deren Schraubenkopf nicht über das Werkstück vorragen soll Die vorstehende Abb. 682 stellt einen konischen Versenker dar. Die zylindrischen Versenker haben einen in das Bohrloch passenden Zapfen und um diesen herum radiale Schneiden, ähnlich einer Stirnfräse.

Die Zuführung des Arbeitsstückes gegen die Fräse hat in der Weise zu erfolgen, wie dies S. 467 bei den Holzhobelmaschinen besprochen wurde, d. h. die Bewegungsrichtung des Werkstückes erfolgt entgegen der Bewegungsrichtung der Zähne an der Arbeitsstelle, wodurch der Span von der Dicke Null bis zu der dem Vorschube pro Zahn (zirka $^1/_{40}$ *mm*) entsprechenden Dicke wächst.

Betreffs der Zähnezahl der Fräse gibt die Brown & Sharpe Manufacturing Co. in Providence in ihrer Schrift „Construction and use of milling machines“, Providence 1891 (s. a. Prof. Escher's Ausstellungsbericht über Chicago) die Regel:

$$z = 8\sqrt{d} \;.\;.\;.\;.\; \begin{cases} z = \text{Zähnezahl} \\ d = \text{Fräsedurchmesser in Zentimetern.} \end{cases}$$

Die Schaltung (Weg der Frässpindel entlang dem Arbeitsstücke) soll pro Zahn $^1/_{40}$ *mm* betragen und wird diese Schaltung gegeben, gleich-

viel welches Material, welche Breite und Tiefe gefräst wird. Die Anpassung an diese veränderlichen Größen erfolgt durch Veränderung der Umfangsgeschwindigkeit.

Für Stahl und Schmiedeeisen und eine Tiefe (Höhe) der abzutrennenden Schicht von 1·6 *mm*, soll $v = 18 + \frac{4{\cdot}8}{b}$ sein. v Geschwindigkeit in Zentimetern, b Breite in Zentimetern. Für Gußeisen $^1/_5$ bis $^1/_4$ mehr. Für größere Höhen der abzutrennenden Schicht vermindert man die Geschwindigkeit.

Gußeisen wird trocken gefräst, Stahl, Schmiedeeisen, Bronze, Messing naß; man spritzt Seifenwasser auf oder läßt Öl zufließen.

Die Schnittgeschwindigkeit ist nach dieser Regel stets größer als jene bei Metallhobelmaschinen gebräuchliche und hat dies seine Begründung darin, daß die Fräszähne sich nicht so sehr erhitzen, weil sie nach getaner Arbeit einen größeren Weg frei zurücklegen, wobei sie sich abkühlen können.

Die Fräsmaschinen sind teilweise in ihrem Baue sehr einfach, denn es handelt sich in vielen Fällen nur darum, der Fräse langsame gleichförmige Drehbewegung und dem Arbeitsstücke kontinuierliche geradlinige Schaltbewegung zu erteilen.

Die Maschinen werden erst dann zusammengesetzter, wenn man von derselben Maschine die Lösung sehr verschiedener Aufgaben verlangt. Solche Fräsmaschinen nennt man Universal-Fräsmaschinen.

Die Fräsmaschinen wurden anfänglich im eigentlichen Maschinenbau fast gar nicht, hingegen in großer Zahl, den einzelnen Aufgaben angepaßt, in der Nähmaschinen-, Revolver- und Gewehrfabrikation angewandt. Die einzelnen Bestandteile der Nähmaschinen, Gewehre usw. wurden, wie dies noch jetzt geschieht, in großer Zahl durch eine Reihe aufeinander folgender Bearbeitungen in der Weise hergestellt, daß für jede Anarbeitungsfläche und für jede Gruppe paralleler Löcher gleichen Durchmessers eine besondere Maschine mit besonderem Werkzeuge und besonderer Einspannvorrichtung vorhanden ist. Die Maschinen, meist Fräsmaschinen, sind einfach; die Schwierigkeit liegt nur in der Bestimmung der Arbeitsfolge, in der Vorrichtung, sowie Instandhaltung der Werkzeuge und Einspannvorrichtungen. Hierzu gehört besondere Erfahrung und Befähigung.

Wir hoben schon früher hervor, daß man Bohrmaschinen und Drehbänke leicht zu Fräsmaschinen umgestalten kann. Für spezielle Aufgaben lassen sich auch sehr leicht Fräsmaschinen bauen. Wäre z. B. die Aufgabe zu lösen, Nutzylinder, welche einen wichtigen Bestandteil vieler Nähmaschinen bilden, zu erzeugen, so handelt es sich nur darum, dem Zylinder, in welchen eine Nut (s. S. 489, Abb. 651), zu fräsen ist, jene kontinuierliche Schaltbewegung zu geben, welche die Form der Nut erheischt. Dies geschieht dadurch, daß man das zylindrische Arbeitsstück auf einer Achse befestigt, welche in ihren Lagern verschiebbar ist, mit dieser Achse eine Schablone verbindet, welche bei gleichem Drehungswinkel der Achse dieselbe achsiale Abweichung vom Normalschnitte besitzt, welche die Nut des

Zylinders erhalten soll und bei sehr langsamer Drehung der Achse gegen die Schablone einen festen Bolzen oder, wie bei der auf S. 447 besprochenen Passigbank, ein festes Röllchen wirken läßt. Die Schablone kann ein Nutzylinder sein, welcher dem herzustellenden kongruent ist, oder ein größerer Zylinder, dessen Nut gleiche Ordinaten mit dem herzustellenden besitzt, oder auch nur eine Scheibe nach Art jener in Abb. 594, S. 447, gezeichneten.

Als Werkzeug wird man eine zylindrische Fräse benutzen, welche sowohl an der Umfläche als an der Endfläche Schneiden besitzt. Die Fräse rotiert langsam am Orte und erhält nur so lange einen Vorschub in der Richtung ihrer Achse, bis die Stirnfläche der Fräse so tief eingedrungen ist, als der Tiefe der herzustellenden Nut entspricht, dann arbeitet sie die Nut in einem allerdings langsamen Gange fertig. Manche ziehen des besseren Ausfallens der Späne wegen vor, die Fräse mehrmals die Nut durchlaufen zu lassen und jedesmal nur eine Schicht von 1·5 bis 2 *m* auszufräsen.

Die Maschine, welche diese Arbeit verrichtet, kann verschieden disponiert sein. Gern legt man die Frässpindel horizontal, gibt ihr maschinell die langsam rotierende Bewegung, den Vorschub aber von Hand aus. Der zu bearbeitende Zylinder und die Schablone stecken gemeinsam an einer horizontalen, die Achse der Fräse senkrecht schneidenden Welle.

Als Type für Universalfräsmaschinen kann die in Abb. 683 dargestellte Maschine von Brown & Sharpe betrachtet werden. Diese Maschine hat sich in der gezeichneten Form in zahlreichen Werkstätten insbesondere zum Zwecke der Herstellung von Fräsen und Spiralbohrern, zugleich aber auch für mannigfache andere Fräsarbeiten eingeführt.[1])

Auf dem Ständer *A* sitzt der Spindelstock für die Frässpindel, welche durch einen vierstufigen Riemenkegel *B* angetrieben wird. Die Frässpindel läuft in gehärteten Gußstahlbüchsen und sind sowohl die Zapfen als die Lagerinnenflächen sorgfältig geschliffen. Ein Nachziehen derselben ist leicht möglich, wenn durch den Gebrauch Abnutzung erfolgte. Das Spindelende *a* ist zur Aufnahme jener Zapfen eingerichtet, auf welchen die Fräsen befestigt werden. Das Arbeitsstück kann je nach seiner Form entweder in einen Schraubstock, oder zwischen den Spitzen einer besonderen Einspannvorrichtung, oder in einen Futterkopf eingespannt werden. Zu entsprechender Befestigung dieser Vorrichtungen dient die lange Tischplatte *F*, welche im Teile *E* ihre Geradführung findet. Die Platte *E* läßt sich auf *D* um eine vertikale Achse drehen und kann hierdurch die Platte *F* senkrecht oder schief zur Achse der Frässpindel eingestellt werden. Der Tisch *C* gestattet vertikale Verstellung. Das Arbeitsstück kann somit eine vertikale, zwei geradlinige horizontale und eine Dreheinstellbewegung erhalten. Die horizontale geradlinige Bewegung von *F* kann, wie wir später sehen werden, auch als Schaltbewegung zur Anwendung kommen.

---

[1]) Zuerst eingehend in dem Berichte von Wencelides über die Ausstellung in Philadelphia beschrieben. Wien 1877. In vielen Exemplaren auch in der Maschinenfabrik „Vulkan“ in Wien gebaut.

Das Heben des Tisches wird von einer Kurbel vermittels der Spindel *c*, einem Kegelräderpaare und der Schraubenspindel *b* bewerkstelligt. Zum Heben des Tischwinkels dient die Schraube *d*. Die Schraubenspindel *e* bewirkt die Verschiebung des Tisches parallel zur Spindelrichtung.

Die Einspannvorrichtung gestattet längere Arbeitsstücke zwischen den Spitzen der Teile *J* und *I*, wie in einer Drehbank, aufzuspannen. Der Spindelstock *J* ist an dem linken Ende der Tischplatte *F* fest; er ist mit der hohlen Spindel *h* versehen, in welche eine Körnerspitze paßt, an welcher sich jedoch auch Futter oder Mitnehmerscheibe anbringen lassen.

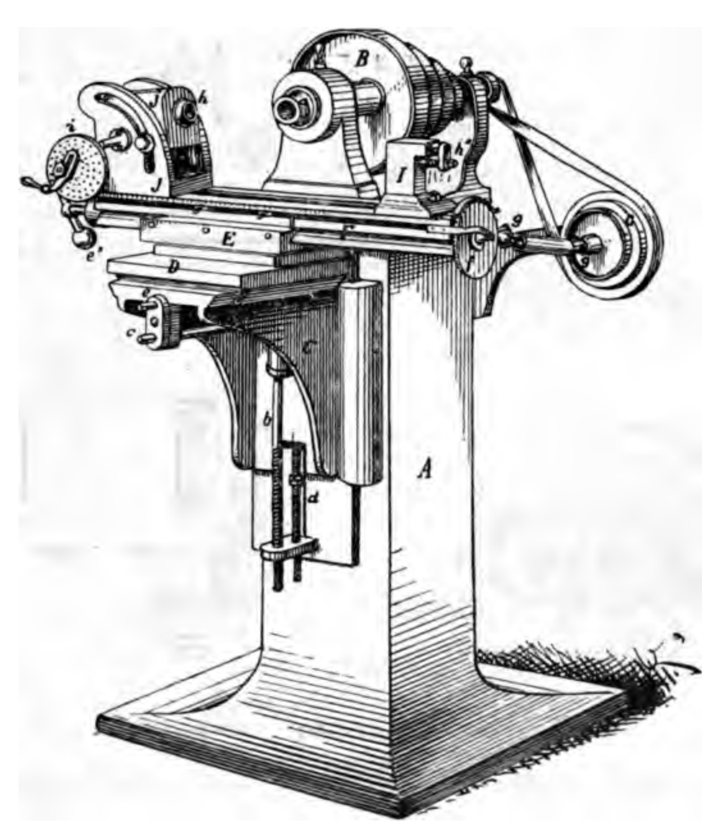


Abb. 683. Universalfräsmaschine von Brown & Sharpe.

Der Reitstock *I* läßt sich im Langschlitze der Tischplatte verschieben und durch eine Schraube feststellen, der Reitnagel kann durch Schraube h' eingestellt werden.

Die konstruktive Durchführung des Aufspannspindelstockes *J* und seine organische Verbindung mit dem Schaltmechanismus der Tischplatte *F* gestattet, daß man zylindrische und konische Reibahlen, Fräsen, Bohrer etc. sowohl gerade als auch schraubenförmig („spiralförmig“, wie man steile Schrauben oft bezeichnet) fräsen und einteilen kann.

Die Abb. 684 I bis III zeigen den Spindelstock in Vorder- und Seitenansicht und im Grundrisse.

Auf dem linken Ende der hohlen Spindel sitzt das Schneckenrad *r*, mittels eines Keiles und einer Mutter befestigt. Rad *r* kann durch die Schnecke *s* von der an der Spindel *s* sitzenden Kurbel *m* angetrieben werden (Abb. 684, II).

Hätte das Rad *r* z. B. 60 Zähne und wollte man eine Fräse mit 15 Zähnen schneiden, so müßte die Spindel *h* nach jedem Schnitte um $^1/_{15}$

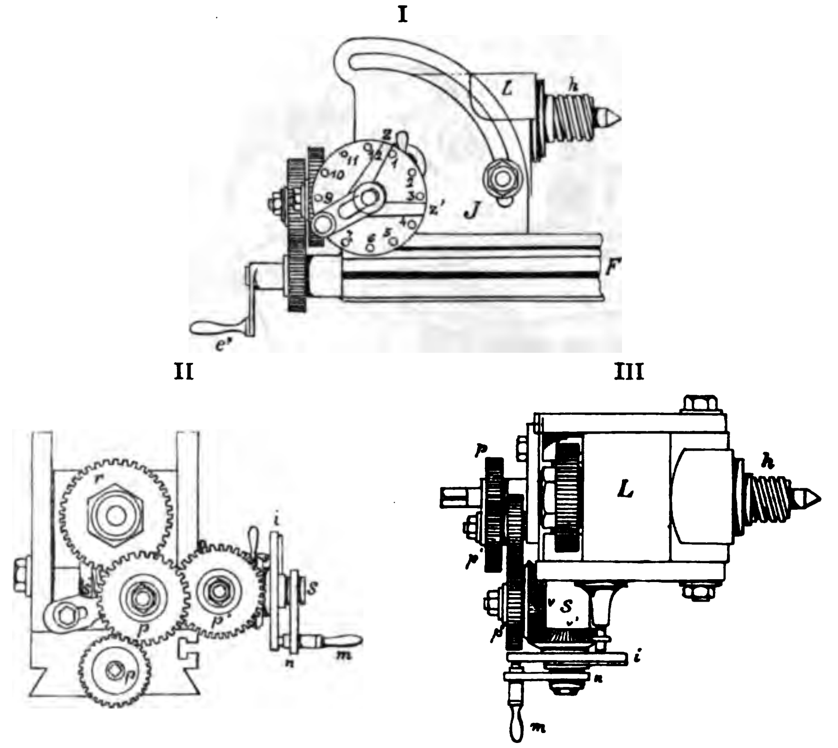


Abb. 684. Spindelstock zur Universalfräsmaschine.

einer Tour versetzt, mithin das Rad *r* um $^{60}/_{15}$ = vier Zähne gedreht werden. Hierzu müßte die Kurbel *m* genau vier Umdrehungen machen. Sollte jedoch eine Fräse mit 16 Zähnen geschnitten werden, so betrüge der Drehungswinkel $^1/_{16}$ von 360° oder $22^1/_2$°, und da einer Umdrehung der Kurbel, beziehungsweise einem Zahne des Rades *r* ein Winkel von 6° entspricht, so ist es nötig, die Kurbel um $22^1/_2 : 6 = 3^9/_{12}$ Touren zu drehen. Es tritt mithin sehr bald das Bedürfnis ein, die Kurbel *m* nicht nur eine ganze Zahl von Drehungen, zum Zwecke der Einstellung des Werkstückes in eine neue Lage, machen zu lassen, sondern Bruchteile einer Drehung. Hierzu dient folgende Anordnung:

Eine Teilscheibe *i*, welche wie gewöhnlich mit einer größeren Zahl von Teilkreisen, und in diesen mit entsprechend versenkten Körnerpunkten

versehen ist, sitzt lose auf der Spindel *s* und kann durch einen Schraubstift, welcher seine Mutter in einem Säulchen am Spindelstocke findet, fixiert werden. Hierbei tritt das spitze Ende des Schräubchens in ein Grübchen an der Hinterseite der Teilscheibe ein und hält dieselbe fest.

Das Teilen einer Umdrehung der Schneckenwelle *s* erfolgt durch den Federstift *m* des Hebels (Armes) *n*. Der Arm *n* sitzt fest auf der Spindel *s*; der Federstift läßt sich an diesem Arme verstellen, so daß er in jenen Abstand von der Achse gebracht werden kann, welcher dem gewählten Teilkreise entspricht. Zur bequemen und sicheren Einstellung dieses Federstiftes beim Einteilen ist ein stellbares Zeigerpaar *x x'* an der Teilscheibe angebracht, wodurch es möglich wird, nicht nur eine oder eine ganze Zahl von Umdrehungen, sondern auch beliebige Bruchteile einer Umdrehung genau zu machen. Z. B. die Anzahl der Löcher im Teilkreise, auf welchen der Federstift gestellt ist, sei 12 und man soll $3^9/_{12}$ Umdrehungen mit der Schneckenwelle machen, so stelle man das Zeigerpaar so, daß 10 Löcher entsprechend 9 Teilen des Teilkreises innerhalb des Zeigerpaares zu stehen kommen, stecke den Federstift in das Loch 1, und wenn von hier aus die verlangten Umdrehungen mit dem Arme gemacht werden sollen, so stelle man den Stift nach vollendeten drei Umdrehungen in das Loch 10, rücke zugleich das Zeigerpaar so weit nach, daß der Zeiger *x* wieder an den Stift *m* anzuliegen kommt, daher *x'* um 9 Teile weiter vorn (in der Uhrzeigerrichtung genommen) steht, worauf die nun folgende Drehung des Armes *n* gleicherweise vorgenommen wird.

Die horizontale kontinuierliche Schaltbewegung der Tischplatte *F* wird durch eine maschinell angetriebene Schraubenspindel besorgt; zu Zwecken der Einstellung kann diese Schraube von der Kurbel *e''* betätigt werden. Der selbsttätige Antrieb der Schraubenspindel geht von der Frässpindel aus. Ein gekreuzter Riemen treibt den Steuerkonus *G*; von hier wird die Bewegung durch das doppelte Universalgelenk *gg* und ein kleines Kegelrad auf das größere Kegelrad *f* und bei eingerückter Kupplung auf die Bewegungsschraube (Steuerspindel) der Tischplatte *F* übertragen. Diese Kupplung kann durch Vermittlung einer Zugstange von Anschlägen ein- und ausgerückt werden, desgleichen durch Benutzung eines Handgriffes durch den Arbeiter.

Sind spiralförmige Nuten zu fräsen, wie solche z. B. bei den „amerikanischen Spiralbohrern“ vorkommen, so muß die horizontale Verschiebung des Tisches und die Drehbewegung der Spindel *h* gleichzeitig erfolgen. Zu diesem Zwecke sitzt das Steuerrad *p* an der Steuerschraube, und werden vom Rade *p* die Satzräder *p'*, *p''* und *p'''* und die Kegelräder *v*, *v'* betätigt und von *v'* die Spindel *s* und Schnecke *s*. Um die Steigung der zu schneidenden Spirale dem Bedürfnisse anpassen zu können, sind die Räder *p*, *p'*, *p''*, *p'''* Wechselräder.

Die Spindel *h* ist in einem besonderen Lagerstücke *L*, welches um die Achse *s s* drehbar ist, gehalten, so daß die Spindel *h* aus der horizontalen in eine beliebig schräge bis senkrechte Stellung gebracht werden

kann. Zum Feststellen des Lagerstückes L in der gewünschten Lage dient ein Schraubenbolzen und dessen Mutterschraube. Dieser mit L fest verbundene Bolzen durchläuft bei der Einstellung den Viertelkreisschlitz der Vorderwand des Spindelstockes J. Indem die Drehung von L um die Achse s s stattfindet, wird der Eingriff des Schaubenrades r mit Schraube s nicht gestört. Infolge dieser Einrichtung können auch konische Fräsen mit geraden oder spiraligen Schneiden hergestellt werden.

Mit der Spindel h können verschiedene Futter verbunden werden und lassen sich demnach auch kurze Gegenstände bearbeiten.

Für viele größere Fräsarbeiten ist es wünschenswert, oft auch notwendig, die Frässpindel einerseits mit einem Vorgelege zu verbinden, anderseits eine Gegenstütze zu geben. Der Maschinenständer wird zu diesem Zwecke vor und hinter dem Stufenkegel B, Abb. 683, nach oben verlängert und beide Verlängerungen werden durch einen kräftigen Bogen verbunden, alles aus einem Gusse. Mit dem Ständeroberteil ist dann eine armdicke zylindrische Stange verbunden, längs welcher die Gegenstütze der Frässpindel verschoben werden kann.

Handelt es sich im eigentlichen Maschinenbau um die Anwendung von Fräsmaschinen, so ist es der sehr verschiedenen Größe und Gestalt der Arbeitsstücke wegen notwendig, der Fräsmaschine eine solche Ausgestaltung zu geben, daß sie geeignet ist, bei einer Aufspannung des Werkstückes verschiedene Flächen anzuarbeiten, mögen die Stücke, natürlich innerhalb mäßiger Grenzen, auch verschiedene Form und Größe besitzen.

Es empfehlen sich insbesondere drei Formen; erstens die Form der freistehenden Bohrmaschine größerer Ausladung mit einem Tische, welchem drei kontinuierliche Schaltbewegungen, je nach Bedarf die eine oder andere, gegeben werden können, und zwar zwei aufeinander senkrechte geradlinige und eine Drehschaltbewegung; die vertikale Frässpindel erhält die Arbeitsbewegung und vertikale Einstellbewegung.

Die zweite Form läßt sich mit der Hobelmaschine vergleichen. Der Querträger trägt einen oder zwei Supporte (Schlitten) mit der oder den vertikalen Frässpindeln. Die Frässpindeln erhalten natürlich die Arbeitsbewegung und muß ihnen auch vertikale Einstellbewegung gegeben werden können. Der Querträger muß sich wie bei den Hobelmaschinen vertikal nach der Höhe des Werkstückes verstellen lassen: an ihm sind die Frässpindelschlitten horizontal verschiebbar, und zwar sowohl zum Zwecke der Einstellung als auch zum Zwecke kontinuierlicher Schaltung. Das am Schlitten befestigte Werkstück macht entweder die kontinuierliche Schaltbewegung oder es steht bei eingeschalteter Schlittenbewegung fest.

Die dritte Form besitzt auch einen Ständer von der Gestalt doch wird das Arbeitsstück nicht auf einem geradlinig geführten Schlitten, sondern auf einer Drehscheibe befestigt. Verbindet man mit dem Querträger Supporte, welche an vertikal einstellbaren Schiebern Messer tragen, so bezeichnet man diese Werkzeugmaschine mit dem Namen

„Horizontaldrehbank“, weil jeder Punkt des Werkstückes eine horizontale Kreisbahn durchläuft. Man kann an dem Querträger auch Frässpindelschlitten anbringen und die Maschine wird dann zur Fräsmaschine, welche sich insbesondere zur Anarbeitung mannigfacher Rotationsflächensegmente eignet. Der Tisch kann außer der Drehbewegung auch geradlinige, kontinuierliche Schaltbewegungen erhalten.

Räderfräsmaschinen. Die vorhin besprochene Universalfräsmaschine von Brown & Sharpe kann ebensogut zum Schneiden kleiner Stirnräder als zum Schneiden von Fräsen Verwendung finden, man braucht für das Räderfräsen nur ein entsprechendes Werkzeug, etwa nach Abb. 676, S. 518, anzuwenden.

Will man aber größere Räder schneiden, dann muß die Maschine sinngemäß abgeändert werden; auch empfiehlt es sich, für die Massenfabrikation gefräster Räder automatische Maschinen, also solche, welche auch nach jedem erfolgten Schnitte den Teilmechanismus selbsttätig zur Wirkung bringen, anzuwenden.

Eine der ersten automatischen Räderfräsmaschinen wurde in dem schon mehrfach erwähnten Ausstellungsberichte von Wencelides S. 128 beschrieben. Diese Maschinen sind in neuerer Zeit so vollkommen ausgebildet, daß sie allen gerechten Anforderungen entsprechen. Der Arbeiter hat nur den selbsttätigen Teilmechanismus nach einfachen Regeln entsprechend einzustellen, das zu schneidende Rad aufzuspannen und die Fräse unter Benutzung entsprechender Einstellbewegungen in die richtige Lage für den Beginn der Arbeit zu bringen, die weitere Arbeit besorgt die Maschine selbsttätig und deshalb ist es möglich, daß ein Arbeiter mehrere Räderschneidmaschinen bedient.

Prof. Escher macht in seinem Berichte über die Ausstellung in Chicago noch auf folgenden Umstand aufmerksam. „Bekanntlich ist das Zahnprofil genau genommen nicht bloß abhängig von der Teilung, sondern auch vom Durchmesser des Rades. Man müßte also nicht nur für jede Teilung, sondern auch für jeden Durchmesser eine andere Fräse nehmen. Bei der Räderfräsmaschine von Warner & Swasey in Cleveland, Ohio, hat die Fräse das Profil der entsprechenden Zahnstange. Indem sie sich senkrecht zur Achse verschiebt, während gleichzeitig das zu schneidende Rad eine langsame Drehbewegung ausführt, arbeitet sie aus jedem Durchmesser das zugehörige Zahnprofil heraus.“ Fräse und Radzahnflanke nehmen hierbei ähnliche relative Bogen ein, wie die Zahnflächen von Zahnrad und Zahnstange, wenn das erstere auf letzterer sich wälzt.

Zu den Spezialfräsmaschinen gehört auch die Mutterrad- oder Wurmradfräsmaschine von Reinecker in Chemnitz. Das Werkzeug ist eine hinterdrehte Schraubenfräse mit Zähnen, deren Höhe von dem einen Fräsenende zum andern allmählich zunimmt. Das zu schneidende Mutterrad dreht sich stetig je um die Teilung auf eine Umdrehung der Fräse. Zugleich wird die Fräse in der Richtung ihrer Achse sehr langsam

1. Rotierende Schleifsteine, Schmirgelscheiben, mit Schmirgel am Umfange beklebte Holzscheiben, und mit Leder überzogene, mit Fett und feinem Schmirgel bestrichene Scheiben.

2. Spezielle Schleifmaschinen und Vorrichtungen zur Erzielung bestimmter Körperformen, mit Steinen oder Schmiergelscheiben arbeitend.

3. Rotierende mit Schleifpulver an der ebenen mit Wasser benetzten Fläche versehene Schleifscheiben aus sehr verschiedenen Materialien, vom harten Stahle herab bis zu Blei, Holz und Kork.

4. Schleifvorrichtungen, deren Schleifschalen mit Schleifpulvern versehen die Herstellung konvexer oder konkaver Formen gestatten.

5. Rotierende Bürsten, welche mit Schleifpulver versehen sind, oder es wird in kinematischer Umkehrung der Gegenstand in Rotation gesetzt und eine Schleifbürste dagegen gedrückt.

6. Bewegter Draht, bewegte Riemen als Träger des Schleifpulvers.

7. Liegesteine oder Schleifplatten.

8. Das Sandstrahlgebläse.

Die rotierenden Schleifsteine, Drehsteine.

Abgesehen von den um eine vertikale Achse rotierenden „horizontalen“ Schleifsteinen, wie sie beim Glasschleifen und beim Schleifen langer Messer mit geraden Schneiden Anwendung finden, haben wir es bei den Drehsteinen stets mit Steinscheiben zu tun, welche um eine horizontale Achse rotieren. Gewöhnlich wird das zu schleifende Werkstück gegen die Umfläche des Steines gedrückt, selten gegen die Seitenfläche.

Die Umfläche des Steines ist in der Regel eine Zylinderfläche und je kleiner der Durchmesser des Steines ist, um so stärker ist daher die Krümmung. Will man mittels eines solchen Steines an einem Arbeitsstücke eine ebene Fläche anschleifen, dann ist es erforderlich, das Arbeitsstück unter gleichförmigem Andrucke in einer tangierenden Ebene zu führen. Es ist leicht einzusehen, daß die Führung des Arbeitsstückes aus freier Hand nicht so vollkommen erzielt werden kann, um auf diesem Wege größere genau ebene Flächen herzustellen. Man wendet dieses Verfahren daher nur für Arbeiten an, bei welchen entweder Genauigkeit nicht verlangt wird oder die herzustellenden Ebenen sehr enge begrenzt sind, oder endlich man benutzt eine zwangläufige Führung des Arbeitsstückes. Am einfachsten erreicht man dieselbe, wenn der Stein oder die Schmirgelscheibe so unter einer eisernen Werktischplatte angebracht wird, daß sie nur äußerst wenig durch einen Spalt über das Niveau der Tischplatte vorragt. Die diesbezügliche Einrichtung ist im wesentlichen übereinstimmend mit der in Abb. 615, S. 470, dargestellten.

Konkave Flächen lassen sich anschleifen, wenn das Arbeitsstück der Einwirkung des Steines längere Zeit derart ausgesetzt wird, daß es nur gegen den Stein angedrückt, erforderlichenfalls auch parallel zur Steinachse verschoben wird. In dieser Weise wird mit Schleifsteinen von zirka

30 bis 45 *mm* Durchmesser jene Höhlung ausgeschliffen, welche viele Rasiermesser aufweisen.

Konvexe Flächen erlangt man durch entsprechenden Lagenwechsel des Werkstückes und stete Rücksichtnahme darauf, daß von der Höhe der Konvexität wenig Material weggeschliffen wird.

Jene schmalen, nahezu ebenen Zuschärfungsflächen vieler Werkzeuge, Hobeleisen u. dgl. erlangt man mit genügender Genauigkeit an großen rotierenden Steinen (etwa 1 *m* Durchmesser) dadurch, daß man das Werkzeug unter Andruck parallel zur Achse des Steines hin und her bewegt. Die feinere Schärfe gibt man dem Werkzeuge auf Liegesteinen, welches Nachschleifen man Abziehen nennt.

Bei manchen Werkzeugen, namentlich für die Bearbeitung von Holz, kann und soll man den rotierenden Schleifstein nur zum Vorschleifen benutzen; man schleift hierbei nach einem ziemlich spitzen Winkel und führt die schmale eigentliche Zuschärfung auf dem Liegesteine unter weniger spitzem Winkel aus. — Durch diesen Kunstgriff wird der Stahl geschont, weil der scharfe Angriff des groben Steines nie bis zur Schneide vorschreitet, daher dieselbe auch nicht so sehr erhitzt wird, daß ihre Härte leiden könnte. Die Arbeit des Abziehens beschränkt sich auf die Herstellung einer schmalen Fläche, wodurch diese Arbeit in kürzerer Zeit beendet ist. Das Nachschärfen ist so lange nur ein Abziehen, bis die Schleiffläche an Breite derart zugenommen hat, daß wieder ein Vorschleifen angezeigt erscheint.

Bei den rotierenden Schleifsteinen hängt die gute Wirkung wesentlich ab von der Instandhaltung der richtigen Zylinderform des Steines. Der Stein wird durch ungleichförmigen Andruck, sowie durch ungleichförmige Festigkeit leicht unrund, buckelig, kurz unregelmäßig und muß dann abgerichtet werden.

Zwei der gebräuchlichsten Abrichtevorrichtungen, die eine mit scharfzahniger Stahlscheibe, die zweite mit einer Stahlglocke mit scharfem Rande wirkend, sind in Karmarsch-Heeren's technischem Wörterbuche, 3. Aufl., Bd. 7, S. 681, und Bd. 8, S. 462, beschrieben. Bei dem Gebrauche dieser Schleifsteinabrichter läßt man den Stein langsam rotieren und führt die verzahnte Scheibe oder die Glocke langsam parallel zur Achse zu, in einer solchen Einstellung, daß sie gegen die vorragenden Teile des Steines drückend und dieselben aussprengend wirkt. Von der Drehung des Steines wird hierbei das abrichtende Werkzeug mitgenommen, es rotiert um seine Achse, auf welcher es lose sitzt.

Wohl der beste Schleifsteinabrichter ist aber jener, welcher aus einer scharfgängigen Schraube besteht, die auf einem eisernem Zylinder von etwa 90 bis 100 *mm* Durchmesser, mit einer Steigung von etwa 3 *mm* geschnitten ist. Die Länge des Zylinders ist etwas größer als die Breite des Schleifsteines. Durch Einsatzhärtung und Schliff mit einer scharfrandigen Schmirgelscheibe, werden die Gewinde hart und scharf gemacht. Diese

Schraube ist in einem Winkelhebel am Schleifsteinkasten parallel zur Steigachse gelagert und kann durch eine Stellschraube gegen den rotierenden Stein gedrückt werden, welcher solange der Wirkung der scharfen Gewindegänge ausgesetzt wird, bis die Umfläche des Steines genau zylindrisch geworden ist, wornach die Schraube nicht mehr mitgenommen wird.

Soll durch das Schleifen Material rasch entfernt werden, so ist das zu schleifende Stück kräftig gegen den Stein zu drücken, und benutzt man hierzu Hebel, auf welche sich der Arbeiter setzt oder gegen welche er mit dem Knie drückt, oder Einspannvorrichtungen mit Schraubenvorschub. Dadurch können ohne Anstrengung bedeutende Pressungen erzielt werden und bedarf der Stein zum Antriebe auch bedeutende Kraft. Bei einer Geschwindigkeit von 5 *m*, einem Andruck von 75 *kg*, einem Reibungskoeffizienten von 0·95, beträgt die Reibungsarbeit 0·95·5·75 *mkg* pro Sekunde oder nahe 5 Pferdekräfte. Die maschinell getriebenen Schleifsteine sollen daher breite Riemen haben, damit sie die genügende Arbeitsgröße zuzuführen vermögen und nicht bei wachsendem Widerstande abfallen; desgleichen ist die Anwendung sehr großer, schwerer Steine (mit 2 bis 3 *m* Durchmesser) vorteilhaft, weil hier der Stein selbst durch seine Masse, einem Schwungrade ähnlich, ausgleichend auf die Geschwindigkeit einwirkt.

Man schleift mit den Schleifsteinen häufig naß und geschieht die Benetzung entweder dadurch, daß der Stein in Wasser läuft, oder dadurch, daß Wasser aufläuft, oder dadurch, daß man einen feinen Wasserstrahl seitlich nahe am Umfang zuführt, wobei das Wasser durch die Zentrifugalkraft dem Umfange zugeführt wird.

Bei dem Trockenschleifen auf Steinen ist der sehr schädliche Schleifstaub durch künstliche Absaugung zu entfernen, und hat dieselbe unmittelbar beim Schleifsteine zu erfolgen.

Während die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifsteine zwischen 3 bis 6 *m* beträgt, und größere Geschwindigkeiten wegen der dann eintretenden Gefahr des Bruches, welcher mit einem Wegschleudern der Stücke verbunden ist, vermieden werden, kann man den Schmirgelscheiben Umfangsgeschwindigkeiten von 10 bis 30 *m* je nach der Gattung der Scheiben geben.

Die Schmirgelscheibenfabriken geben die zulässige Maximaltourenzahl an und darf dieselbe natürlich aus Sicherheitsgründen nicht überschritten werden. Abhängig ist die Geschwindigkeit, beziehungsweise die Tourenzahl von dem Bindemittel, welches die Schmirgelkörner zusammenhält. Allzu große Tourenzahlen haben aber den Nachteil großen Kraftverbrauches und bedeutender Erhitzung des Werkstückes. Die Celluloid Emery Wheel Comp. verlangt zirka 30 *m* Umfangsgeschwindigkeit, die Union Stone Co. nur 16 *m* und für das Schleifen von Werkzeugen nur 8 *m*.

In der Regel wird bei Schmirgelscheiben trocken geschliffen, manche eignen sich jedoch auch für das Naßschleifen. Der Schleifstaub wird entweder durch entsprechend mit der Haube der Schmirgelscheibe zu ver-

bindende Saugventilatoren oder dadurch unschädlich gemacht, daß man den Funkenstrom gegen ein endloses nasses Tuch, welches über zwei Walzen gespannt ist, deren eine kontinuierlich und langsam in Umdrehung gesetzt wird, leitet. Die untere Walze taucht in ein Wassergefäß, das Tuch, beständig naß erhalten, fängt die Funken auf.

Für das Abschleifen oder Zuarbeiten von Oberflächen bedient man sich nicht ausschließlich der Schleifsteine und Schmirgelscheiben, sondern teils gußeiserner, teils hölzerner Scheiben oder Räder mit einem Schmirgelüberzug. Dies empfiehlt sich besonders bei fassonierter Form des Schleifrades.

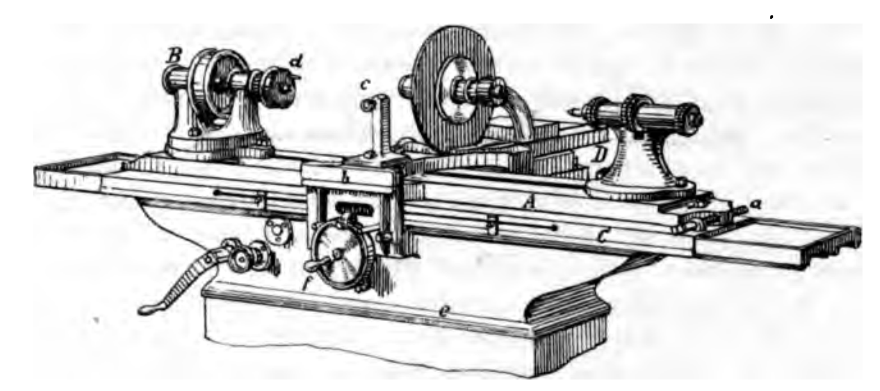


Abb. 687. Schleifmaschine von Brown & Sharpe.

Die Holzräder mit Schmirgelüberzug sind aus gut getrocknetem Holze gemacht und gegen das Werfen und Verziehen entsprechend zusammengefügt; an ihrem Umfange befindet sich ein Lederüberzug, auf welchem pulverisierter Schmirgel aufgeleimt ist. Jedes solche Holzrad läuft mit einer Stahlspindel, meistens in Körnerspitzen, und ist vollkommen ausbalanciert. Das Ausbalancieren wird mit Blei vorgenommen, welches in vorgebohrte Löcher auf der Seite der Räder eingeschlagen oder eingegossen wird. Auch bei den Messerschmieden sind solche wenn auch kleine Holzscheiben mit Schmirgelüberzug in Verwendung.

Für sehr genaue Arbeiten ist eine maschinelle Führung des Arbeitsstückes häufig Bedürfnis und dann wird der Schleifapparat zu einer mehr oder minder automatisch wirkenden Maschine ausgebildet.

Schleifmaschinen mit Schmirgelscheiben.

Die Universal-Schleifmaschine der Brown & Sharpe Manufacturing Co. aus Providence, Rhode-Island,[1]) ist speziell zum Rundschleifen eingerichtet, wenn Genauigkeit und Gleichförmigkeit verlangt wird, so z. B. zum Schleifen von weichen und harten Spindeln, Zapfen, Lagerbüchsen, Kalibern, Reibahlen, Fräsen usw.

Auf dem kastenförmigen Unterteil, Abb. 687, ist das Bett *e*, in welchem

[1]) Nach Wencelides' Ausstellungsbericht d. Weltausst. in Philadelphia (Wien 1877).

der Steuerungsmechanismus der ganzen Maschine untergebracht ist, aufgesetzt. Auf diesem Bette gleitet in einer prismatischen Bahn der Tisch *C*, welcher automatisch hin und her bewegt werden kann, ähnlich wie der Tisch einer Hobelmaschine; derselbe ist von hinreichender Länge und passender Form, um die prismatische Bahn und den Steuerungsmechanismus vor Staub und vor Spänen zu schützen. Auf der Tischplatte *C* ist eine zweite Platte *A* aufgepaßt und in der Mitte so befestigt, daß eine Verdrehung derselben möglich ist, welche durch die Schraube *a* bewerkstelligt und durch eine Gradeinteilung auf dem Tische *C* gemessen werden kann.

Auf der Platte *A* ist der Spindel- und Reitstock der Maschine angebracht, deren Spitzen, wie leicht einzusehen, unabhängig von der Verdrehung der Platte *A*, stets in derselcen Geraden bleiben, so daß man sowohl zylindrische, als auch konische Flächen zwischen diesen Spitzen schleifen kann. Der Spindelstock *B* läßt sich gleichfalls um eine vertikale Achse verdrehen und unter jedem Winkel gegen die Richtung der Tischbewegung stellen. Die Unterplatte dieses Spindelstockes ist in Grade eingeteilt. Dadurch ist ein passendes Mittel geboten, konische Löcher in zylindrische Büchsen zu schleifen, indem zu diesem Behufe auf die Spindel des Spindelstockes *B* ein passendes Aufspannfutter geschraubt wird, das zum Halten der Gegenstände, in welchen die Löcher ausgeschliffen werden sollen, dient. Die gußeiserne tellerförmige, auf dem Bette *e* befestigte Platte *b* ist beim Schleifen zur Aufnahme von Spänen und Wasser bestimmt; überdies trägt sie das kleine Ständerchen *c*, gegen dessen stellbaren Anschlag sich der zu schleifende Gegenstand anlehnen kann, wodurch er gegen eine eventuelle Verbiegung beim Schleifen gesichert wird. Der Lagerständer, der die Schmirgelscheibenwelle trägt, ist auf der Platte *D* verstellbar.

Die Platte *D* ruht auf einem Untersatze, welcher sich auch um einen vertikalen Zapfen drehen kann, wodurch sie unter beliebigem Winkel gegen die Tischplatte *C* gestellt, aber gleichzeitig in jeder beliebigen Lage durch den Griff *f* gehandhabt werden kann. Eine Scheibe, an welcher dieser Griff *f* befestigt ist, trägt eine stellbare Klemme, durch welche die Verstellung der Schmirgelscheibe gegen das Arbeitsstück, welches zwischen den Spitzen geschliffen werden soll, begrenzt wird. Eine Gradeinteilung auf dem Bette, worauf die Platte *D* ruht, bestimmt den Verdrehungswinkel.

Die kleine Rolle *d*, welche mit dem Zapfen, auf welchem sie lose läuft, in das konische Loch der Spindel des Spindelstockes eingesteckt werden kann, ermöglicht, daß man Gegenstände, zwischen unbeweglichen Spitzen eingespannt, schleifen kann. Mittels einer Mutter, welche auf dem Gewinde der Spindel sitzt, wird diese kleine Rolle mit dem Zapfen, worauf sie läuft, herausgeschoben. Sowohl die Spindeln, als auch die Büchsen des Spindelstockes und des Schmirgelscheibenständers sind gehärtet und genau aufeinander geschliffen; sie lassen sich auch, wenn ausgelaufen, wieder nachziehen. Die beschriebenen Bewegungen machen es möglich, daß man auf dieser Maschine eine große Zahl verschiedener Arbeitskategorien ausführen kann

Prinzipiell ganz ähnlich, nur viel einfacher, sind jene Walzenschleifmaschinen gebaut, welche zum Abschleifen von Hartguß-, Stahl- oder Porzellanwalzen dienen. Die Schmirgelscheibe erhält zuweilen rotierende und geradlinig hin und her gehende Bewegung in der Richtung ihrer Achse, die Walze nur langsame Drehung.

Die Schleifmaschinen für Sägen, Fräsen u. dgl. arbeiten durchweg mit Schmirgelscheiben, zum Teile automatisch. Die Querschnittsform der Schmirgelscheiben wird häufig dem Querschnitte der zu bildenden Zahnlücke (des Einschnittes) angepaßt. Bei den Sägeschärfmaschinen wird das Sägeblatt gewöhnlich so in eine schraubstockähnliche Klemme eingespannt, daß die Zähne in einer Horizontalen liegen, mit den Spitzen nach oben gekehrt. Die Schmirgelscheibe ist in einem im Bogen schwingenden Arme gelagert, welcher niedergedrückt wird, wenn die Scheibe wirken soll. Nach dem Schliff eines Zahnes wird die Klemme und Säge um die Teilung verschoben.

Die Schleifmaschinen für Fräsen mit Rückenschliff müssen deshalb ziemlich mannigfach gestaltet sein, beziehungsweise die Schleifscheibe und die Fräse in verschiedene Stellungen zueinander gebracht werden können, weil die Formen der Fräsen verschiedene sind.

Während des Schliffes einer Fräse findet eine Abnutzung der angewendeten Schmirgelscheibe statt und die Folge hiervon ist die, daß von denjenigen Zähnen, welche später zum Schliffe kommen, etwas weniger Material weggenommen wird, als von den zuerst geschliffenen; denn die relative Lage der Achsen der Schmirgelscheibe und der Fräse bleibt hierbei ungeändert. Es ist daher notwendig, daß nach dem ersten Schliffe die Schmirgelscheibe der Fräse um etwas weniges genähert wird, und daß neuerlich sämtliche Zähne bearbeitet werden. Bei diesem zweiten Schliffe wird nur wenig Material entfernt, die Schmirgelscheibe nutzt sich daher nur wenig ab und die Zähne werden schon genauer. Erforderlichenfalls kann man einen dritten Schliff anwenden.

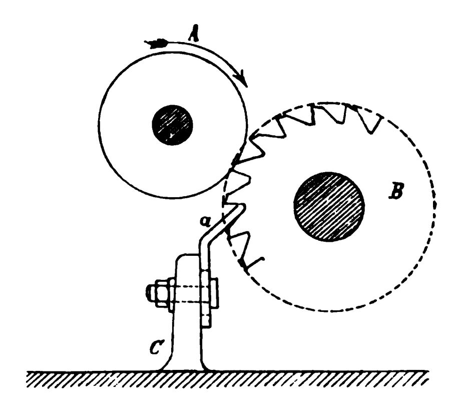


Abb. 688. Rückenschliff.

Zwischen dem Schliff eines Fräsezahnes und dem Schliffe des nächstfolgenden muß die Fräse genau um die Teilung gedreht werden. Dies kann man bei dem Rückenschliffe der gewöhnlichen Fräsen in sehr einfacher Weise durch einen Anschlag a, Abb. 688, erreichen. A stellt die Schmirgelscheibe, B die Fräse vor, a einen in C festgehaltenen Anschlag, welcher die Fräse stützt. Die Frässpindel wird während des Schliffes eines Zahnes in ihrer Längsrichtung verschoben und diese Verschiebung erfolgt

schließlich so weit, daß die Stütze *a* außer Berührung mit der Fräse kommt. Es läßt sich nun die Fräse samt ihrer Spindel drehen und der nächste Zahn zur Auflage an *a* bringen. Die geradlinige Verschiebung der Fräse besorgt gewöhnlich der Arbeiter von Hand aus, desgleichen die genaue Einstellung der Schleifscheibenachse.

Bei dem Schleifen hinterdrehter Fräsen wird von der Brustseite der Zähne geschliffen und steht die wirksame Kreisfläche der Schleifscheibe radial zur Fräse. Die Verstellung um die Teilung kann dann mittels einer Stütze erfolgen, wenn nebst der Fräse ein Sperrad gleicher Zähnezahl auf der Frässpindel befestigt wird.

Spiralbohrerschleifmaschinen[1]) sind von verschiedenen Konstrukteuren ausgeführt worden, wesentlich ist, daß der Bohrer genau symmetrisch zugeschliffen und richtig hinterschliffen wird. Die Schleifscheibe wirkt mit der Umfläche oder auch mit einer ebenen Fläche; der Bohrer wird ihr unter spitzem Winkel zugeführt und während des Schliffes um eine Achse gedreht, welche mit der Achse des Bohrers einen kleinen Winkel einschließt. Dann wird er um 180° gewendet derselben Einwirkung auf der zweiten Seite ausgesetzt.

Schleifen der Messer und Scheren.

Zum Schleifen der Messer und Scheren benutzt der Schleifer wohl in erster Linie den rotierenden Stein, hierauf aber noch andere Mittel. Ein stumpfgewordenes Messer wird zuerst „durch Schleifen am Stein“ so bearbeitet, daß ein „Grat“ entsteht, d. i. ein feiner, sich leicht umbiegender Faden äußerst dünnen Stahles. Man hält dabei das Messer gewöhnlich parallel zur Steinachse und verschiebt dasselbe während des Schleifens im tangentialen Sinne und auch in der Richtung seiner Länge. Durch die Bildung des Grates wird die alte stumpfe Schneide, sowie die in ihr befindlichen ausgebrochenen Stellen (Scharten) beseitigt. Die am Messer laufenden Schleifstriche laufen senkrecht zur Schneide. Dieser Operation folgt das Feuern oder die Bearbeitung auf der Feuerscheibe. Es ist dies eine hölzerne Scheibe, an der Umfläche mit einem Riemen bekleidet, auf welchen feines Schmirgelpulver (durch Drahtsieb Nr. 60 gehend) aufgeleimt ist. Um diese Scheibe vorzurichten, macht man das Leder mit einer feinen Raspel etwas rauh, streicht es mit gutem heißen Leim an und rollt nun die Scheibe in dem Schmirgelpulver. Nachdem die Leimung halb trocken geworden ist, gleicht man die Scheibe auf der Schleifbank mit einem Stahlstücke ab und entfernt die vorstehenden Ränder. Die Wirkung der Feuerscheibe ist zarter als die des Steines; das Funkensprühen wird die Veranlassung zur Benennung gegeben haben, im übrigen ist die Arbeit gleichartig mit jener am Steine.

Auf das Feuern folgt das Pliesten, Feinschleifen, auch oft schon Polieren genannt, auf der Feinschleif- oder Polierscheibe. Es ist diese

[1]) S. Wencelides, Richard usw.

Scheibe eine mit Leder überzogene Holzscheibe, auf deren Umfläche äußerst feiner, geschlemmter Schmirgel aufgeleimt ist, und zwar wird hier der Schmirgel in heißen Leim eingerührt und aufgetragen, nach dem Erkalten des Leimes wird das Abgleichen der Scheibe auf der Schleifbank mittels des in Wasser getauchten Fingers besorgt. Hierauf läßt man die Scheibe gut trocknen. Durch die Anwendung dieser Scheibe erhält man das Messer gepliest; die Schleifstriche sind noch etwas sichtbar, aber das Messer hat bereits Glanz.

Der beim Schleifen am Stein entstandene Grat ist durch das Feuern und Pliesten noch nicht entfernt, es geschieht dies erst durch das Abziehen, gewöhnlich auf einem Ölsteine. Man hält hierbei den Stein, ein parallelopedisches Stück, in der linken, das Messer in der rechten Hand und fährt mit dem Messer, welches unter einem Winkel von zirka 10 bis 15° aufgesetzt ist, unter ganz schwachem Drucke ziehend so über den Stein, als ob man denselben zu schneiden beabsichtigte. Hierbei wird der Grat abgestoßen und man erhält die eigentliche, neue Schneide, deren Fassetten so schmal sind, daß sie kaum wahrgenommen werden. Für Rasiermesser wäre der so erhaltene Zuschärfungswinkel zu groß, diese legt man anfänglich wenig überhöht, dann flach auf den Stein, denn durch den dicken Rücken ist schon jene Neigung gegeben, welche zum Abstoßen des Grates erforderlich ist. Auch hier bleibt noch ein sehr feiner Grat, welcher durch das spätere Abstreichen entfernt wird.

Endlich benutzt der Schleifer noch die Schneid- oder Holzscheibe für gewisse Arbeiten. Es ist dies eine gut abgedrehte Holzscheibe (ohne Leder), auf welche feiner Schmirgel mit Leim, wie auf die Feinschleifscheibe, aufgetragen wird. Nachdem die Schmirgelmasse halbtrocken ist, wird diese Schicht mittels eines schräg zur Umfläche gehaltenen Bleches, während die Scheibe rotiert, abgeglichen und der unreine Rand ebenso entfernt. Man läßt hierauf 8 Tage trocknen. Mit dieser Hohlscheibe schleift man hohlgeschliffene Messer, z. B. Rasiermesser fein (pliest, poliert), wobei das Messer teils an die Scheibenkante, teils an die Umfläche so angehalten wird, daß es vom Arbeiter absteht, also seine Längsrichtung annähernd in die Mittelebene der Scheibe fällt. Scheren bekommen auf dieser Scheibe die geringe Höhlung, deren manche, z. B. Scheren zum Haarschneiden, bedürfen.

Auf die Pliest- und Hohlscheiben kann auch, wenn sie stumpf geworden sind, Unschlittschmirgel aufgetragen werden. Der Schleifer erzeugt sich denselben selbst, indem er in geschmolzenes Unschlitt oder Talg feingeschlemmten, trockenen Schmirgel einrührt, bis die heiße Masse zähflüssig geworden ist und dieselbe dann in Papierhülsen gießt. Nach dem Erkalten ist die Masse ziemlich fest und hält man das Stück gegen die rotierende Scheibe, so hängt sich davon eine feine Schicht am Umfange an, wodurch die „stumpf“ gewordene Scheibe wieder wirksam wird.

Um den Schneidewaren Glanz, eigentliche Politur, zu geben, verwendet man mit Leder überzogene Holzscheiben, auf welche Polierrot, Rouge (Crocus) aufgetragen wird. Die hierzu verwendeten Scheiben sind die eigentlichen Polierscheiben, man erhält die Glanz- oder Feinpolitur.

Zwischen das Pliesten oder Feinschleifen und das Glanzpolieren schalten viele noch das Läutern ein, welches auf lederüberzogenen Scheiben mit feinstem Schmirgel geschieht.

Für das Polieren fassonierter Stücke, z. B. mancher Scherengriffe, verwendet der Messerschmied eine mit Unschlittschmirgel scharfgemachte Bürstenscheibe aus Schweinsborsten. Die Ringe an den Scherengriffen werden zuförderst innen naß geschabt (der Schaber ist dreieckig und in Wasser getaucht), dann mit Schmirgelholz feingeschliffen, hierauf mit dem Polierstahl und Seife poliert.

Als letzte, auf das Abziehen folgende Arbeit, welche z. B. bei Rasiermessern Anwendung findet, ist das Abstreichen auf Riemen oder am besten auf feiner, reiner Leinwand, welche in mehreren Lagen auf ein Holz gespannt ist, zu erwähnen. Die Richtung dieses Abstreichens soll schief vom Rücken gegen die Schneide und den Griff liegen, und das Umklappen des Messers hat hierbei über den Rücken zu erfolgen. Hierdurch erhalten einerseits die Zähnchen, aus welchen auch die schärfste Schneide besteht, eine richtige Lage (auf den Zug), anderseits wird durch das Umklappen über den Rücken die Schneide wesentlich geschont.

Schleifen von Glas und Steinen.

Schleifräder aus Gußeisen, auf deren Umfang ständig Schleifsand und Wasser zugeführt wird, finden in der Glasraffinerie zu einem vorbereitenden Schleifen, Kugeln, Einreißen genannt, Anwendung. Siehe näheres in Karmarsch-Heeren's techn. Wörterbuche, III. Aufl., 4. Band, S. 61.

Schleifscheiben aus Stahl, Eisen, Kupfer, Zinn, Blei, Holz werden an der ebenen Fläche mit Schleifpulver versehen. Bei den hierher gehörigen Schleifbänken unterscheidet man horizontale und vertikale Anordnung der Scheibenachse.

Die Schleifscheibe wird gewöhnlich mit Wasser befeuchtet, um dadurch die Schleifpulver an der Scheibe haften zu machen. Man verwendet stufenweise feinere Schleifpulver, wobei jedesmal, wenn zu einem feineren übergegangen wird, nicht nur der Gegenstand, sondern auch die Schleifscheibe von allen anhängenden groben Körnchen sorgfältigst zu reinigen ist, was man aber am einfachsten dadurch umgeht, daß man das Feinschleifen auf einer andern Bank ausführt.

Vorrichtungen dieser Art werden hauptsächlich zum Schleifen der Steine verwendet, obwohl man auch manche Metallgegenstände, z. B. die fassettierten Köpfchen kleiner Stahlnägel, an solchen Scheiben schleift.

Beim Schleifen der Edelsteine wird das Steinchen an das Ende eines 20 *cm* langen eisernen Stäbchens mittels Schmelzkitt oder einer leicht schmelzbaren Legierung von Zinn und Blei so befestigt, daß die abzuschleifende Stelle vorspringt. Das Ende jenes Stäbchens läuft zu diesem Zwecke in eine halbkugelförmige Vertiefung aus, die mit dem Kitte oder der Legierung gefüllt ist. Man erwärmt bis zu dem Punkte, wo der Kitt erweicht, oder die Legierung eine körnige Konsistenz annimmt und drückt den Diamant oder Edelstein in der richtigen Lage ein und läßt erkalten. Hierauf erfolgt das Fassettieren entweder aus dem Rohen durch Abreiben zweier so ein-

gekitteter Steinchen aneinander, oder durch Schleifen auf der Schleifmaschine oder Schleifbank.

Die Schleifbänke weisen meist horizontale aus weichem Stahle oder Flußeisen bestehende Schleifscheiben auf. Der zu bearbeitende Stein wird mit dem Stängelchen, in welches er eingekittet ist, in einer Einspannvorrichtung gefaßt, welche die Einstellung nach einstellbaren Winkeln gestattet und mit einem Teile ihres Eigengewichtes den Stein gegen die Schleifscheibe drückt.

Verwandt mit dem Steinschleifen ist das Linsenschleifen, doch bedient man sich hier statt der Schleifscheiben der Schleifschalen, deren Krümmungsradius der herzustellenden Linse entsprechen muß. Die Schleifschälchen für die kleinen Linsen der Mikroskopobjektive sind natürlich sehr kleine Hohlkörperchen, zu deren exakter Herstellung der Kunstgriff angewendet wird, aus einem Stahldrahte vom Radius der Linse ein kleines Kreisscheibchen zu bilden, welches als Messer zum Ausdrehen des Schleifschälchens dient. Geschliffen wird mit Diamantstaub.

Beim Schleifen großer Linsen kittet man das zu schleifende Glas an ein in Kugelgelenk aufgehängtes Pendel, Radius genannt, welcher als Schleifarm wirkt.

Das Schneiden von Steinen und Bohren von Glas kann dadurch erfolgen, daß man Schleifpulver mittels entsprechend geformter Werkzeuge entweder nach einer geraden Linie oder nach einer Kreislinie zur Wirkung bringt. Beim Schneiden von Marmorplatten wendet man 4 bis 8 *m* lange Eisenblätter an, welche in einem entsprechenden Rahmen, ähnlich einer Säge, eingespannt sind. Die Bewegung des Rahmens erfolgt horizontal, das Schneidblatt steht hochkantig und als Schleifmittel wird Sand, Schmirgel oder Stahlsand[1]) verwendet. Es wird naß geschliffen. (Vgl. auch S. 510.)

---

[1]) Hierüber teilt Prof. Hugo Fischer in der Illustr. Ausstellungszeitung der bayerischen Jubil.-Ausst. 1906 mit:

Die Herstellung des Stahlsandes, der auch als Schleifmittel beim Schleifen der Hartgesteine Anwendung findet, erfolgt in Deutschland, England und Österreich fabriksmäßig. Deutschlands Bedarf allein dürfte mit 150.000 bis 220.000 *kg* im Jahre nicht zu hoch eingeschätzt sein. Die beiden größten deutschen Fabriken sind die von Barkhaus & Langensiepen in Plagwitz bei Leipzig und von Offenbacher in Markt-Redwitz (Bayern).

Die Fabrikation des Sandes erfordert große Erfahrung, wenn sie ein bezüglich des Härtegrades und der Sortierung brauchbares Erzeugnis liefern soll. Der Eisensand wird als kugeliger oder als kantiger Sand in etwa 8 Körnungen in den Handel gebracht.

Als Rohmaterial dient bei der Stahlsandfabrikation gutes Graueisen unter Zusatz entsprechender Mengen Ferromangan (bis 50%). Im Kupolofen wird eingeschmolzen und durch Granulierung im Wasser findet die Umwandlung in Weißeisen statt. Für die letztere sind zwei Verfahren üblich: Das Granulieren mittels Dampfstrahles und das Granulieren mit Wurfrad. Damit das Erstarren rasch erfolgt und dadurch die graphitische Ausscheidung des Kohlenstoffes aus dem Eisen verhindert wird, muß die Temperatur des Wassers dauernd niedrig gehalten werden. Die im Wasser abgelagerten Eisenkörner werden nach der Aufarbeitung der Ofencharge ausgeschöpft und auf einer mit Dampf

Soll in eine Glasplatte ein größeres Loch gebohrt werden, so verbindet man mit einer Bohrspindel ein Eisen- oder Kupferrohr, welches am unteren Rande etwas dicker (gestaucht) ist, und schleift naß mit Schmirgel. Der Andruck ist durch mäßige Belastung zu geben und um den Schleifabfall besser aus dem ringförmigen Schnitte zu bringen, können in dem unteren Rande des Rohres größere Ausschnitte angebracht sein.

Liegesteine.

Liegesteine sind gewöhnlich von parallelopipedischer Gestalt, sie sind gewöhnlich in einem Kästchen derart festgekeilt, oder an sich so schwer, daß sie bei dem darüber Hinführen des zu schleifenden Werkzeuges nicht verschoben werden. Der Liegestein ist entweder ein Wasser- oder Ölstein und muß ein sehr feines Korn besitzen. Beim Abziehen der Messer und Scheren werden Handschleifsteine etwas kleinerer Abmessungen verwendet und das Messer über den Stein geführt (vgl. S. 541). Die Wetzsteine oder Handschleifsteine hingegen führt man an der Schneide des zu schärfenden Werkzeuges, z. B. der Sense, Sichel usw., hin, dem Laufe der Schneide folgend. Zu denselben Zwecken verwendet man auch Schmirgelplatten und Schmirgelwetzsteine. Auf weiche Metalle, Kupfer, Silber usw. benutzt man auch Schleifkohle mit Wasser oder Öl.

Verschiedene Träger der Schleifmittel.

Zum Schleifen von Holztafeln (Parketts u. dgl.) werden Schleifmaschinen mit hölzernen Schleifscheiben, welche mit Glas- oder Sandpapier bekleidet sind, verwendet. — Die vertikale Schleifscheibenachse ist in einem doppeltgelenkigen Ausleger gelagert.

Schleifbürsten werden meist in Form rotierender Bürstenscheiben gebraucht. Als Material der Bürsten werden Schweineborsten, Piassava und feiner Draht am häufigsten verwendet. Man macht von diesem Schleifmittel

---

geheizten flachen Pfanne rasch getrocknet, um ihre Oxydation zu verhindern. Dann werden sie auf Siebmaschinen klassiert.

Bei diesem Verfahren beträgt die Ausbeute an Schleifsand etwa 35% des eingeschmolzenen Eisens. 45% sind grobe Körner von mehr als 2·5 *mm* Durchmesser, die entweder neu eingeschmolzen oder zu kantigem Sand verarbeitet werden. Der Rest besteht zu etwa gleichen Teilen aus feinkörnigem Abfall und Schmelzabbrand.

Die mit Hilfe des Wurfrades erhaltenen Eisenkörner werden vorzugsweise mittels Pochwerken auf kantigen Stahlsand verarbeitet. Die eisernen Pochstempel besitzen etwa 20 bis 30 *kg* Fallgewicht und 150 bis 200 *mm* Hub. Sie sind am unteren Ende verstählt und gehärtet und arbeiten zu fünf bis sechs in einem Trog vereint. Die Sohle des letzteren wird aus fünf bis sechs gehärteten Stahleinsätzen von 35 bis 40 cm^2 Schlagfläche gebildet. Das Pochen geschieht trocken. Das an einer der Schmalseiten eingetragene Pochgut wandert unter den Stempeln der andern Schmalseite zu, wo es den Trog verläßt. Die erhaltenen Körner sind unregelmäßig geformt und besitzen, dem kristallinischen Gefüge des Weißeisens entsprechend, als Grenzen der Bruchflächen scharfe Kanten, deren Grenzflächen in spitzen Winkeln aneinander stoßen. Die Klassierung erfolgt wie die des kugeligen Stahlsandes.

dann mit Vorteil Gebrauch, wenn Gegenstände mit kleinen Vertiefungen zu schleifen oder zu polieren sind. Die Bürste wird mit Wasser oder Öl befeuchtet und mit dem Schleifpulver bestreut.

Riemen, Draht, Holzleisten, Leinwand und Papier dienen auch oft als Träger des Schleifpulvers und kann dasselbe auf diesen Unterlagen je nach Umständen aufgeleimt oder auch nur durch Öl oder Fett angehängt sein.

Läßt man einen endlosen über Scheiben laufenden, mit grobkörnigem Schmirgel durch Leimung belegten Riemen auf Schmiedestücke komplizierterer Form einwirken, so können dieselben rasch blank geschliffen werden. Will man Metallringe innen ausschleifen oder polieren, so reibt man einen über Rollen laufenden weichen Riemen mit Fett und feinem Schmirgel oder beim Polieren mit Rouge ein und läßt den Riemen durch den Ring laufen.

Bekleidet man Draht mit Öl und Schmirgelpulver, so kann man die feinsten Schleifwirkungen erzielen. Der Draht kann als endloser Draht über Rollen geführt oder in einem Rahmen, ähnlich dem bei Laubsägen gebrauchten, ausgespannt sein.

Schmirgelpapier und Schmirgelleinwand wird häufig vom Metalldreher als sehr bequemes Schleifmittel zum Blankschleifen an der Drehbank benutzt. Statt Schmirgel kann auch Karborundum-, Sand- oder Glaspulver aufgeleimt sein.

Schleifen mit dem Sandstrahle.[1])

Das Sandstrahlgebläse wirkt dadurch mattierend und schleifend auf spröde und hämmerbare Materialien ein, daß gegen die Oberfläche derselben Sand mit einer Geschwindigkeit von etwa 25 *m* durch einen Luft- oder Dampfstrom getrieben wird.

Endet das Luft- oder Dampfrohr mit kreisförmigem Querschnitt, so erhält man einen zylindrischen Sandstrahl, endet es in einen geradlinigen Spalt, so ist der Sandstrahl in die Breite gezogen und eignet sich für die Bearbeitung größerer Stücke, insbesondere von Platten. Dieses Verfahren ist von Tilghman erfunden. Da zähe und elastische Materialien, wie Leder Pappe, Wachstuch, Kautschuk, sowie elastische Anstriche vom Sandstrahle nicht angegriffen werden, so kann man diese Mittel dazu verwenden, Teile des Arbeitsstückes vor der Einwirkung zu schützen. Dies kann zu den verschiedensten figuralen Effekten ausgenutzt werden, denn bedeckt man das Werkstück z. B. mit starkem Papier, in welchem Figuren ausgeschnitten sind, oder bestreicht man dasselbe nach Zeichnung mit elastischem Deckgrunde, so werden nur die dem Sandstrahle zugänglichen Teile mattiert.

Eine Tafel „überfangenen Glases“, d. h. eines Glases, welches aus einer dicken Grundschicht und einer dünnen andersfarbigen Deckschicht

[1]) Als Spezialschrift ist zu nennen: Procédé et Machines au Jet de sable par Georges Franche, Paris VIe, Ch. Dunod, 49 quai des grands-augustins. 1905.

besteht, kann so bearbeitet werden, daß die obere Glasschicht nach dem Muster der aufgelegten Patrone durch den Sandstrahl weggeschliffen wird.

Ein Metallgefäß läßt sich mit elastischem Deckgrund teilweise überziehen. Dort, wo Deckgrund war, bleibt das Gefäß glänzend, an den anderen Stellen bekommt es ein sanftes körniges Matt.

Leitet man auf eine stumpfgewordene Feile unter einem Winkel von etwa 20° von der Angel gegen die Spitze gerichtet einen Sandstrahl, so findet ein Scharfmachen der Feile statt. Die Korngröße des Sandes ist hierbei der Feinheit des Hiebes entsprechend zu wählen.

Zusammenschleifen.

Das Zusammenschleifen oder Zusammenschmirgeln ist eine Operation, durch welche man zwei annähernd sich berührende Stücke, z. B. zwei Platten, Hohl- und Vollkegel, Kugel und Pfanne u. dgl. durch Schleifen mit Schleifpulvern von stufenweise größerer Feinheit, endlich zu innigem Zusammenpassen bringt. Bei Platten läßt sich die kreisende Bewegung mit einer schiebenden so kombinieren, daß man wirklich die gewünschten Ebenen genau erhalten kann. Auch bei Hohl- und Vollkugel ist ähnliches möglich. Beim Einschleifen konischer Flächen aber läßt sich meist nur die drehende Bewegung beider Teile gegeneinander verwerten und kann durch das Einschleifen nur dann ein dichter Anschluß erzielt werden, wenn die Teile schon die nahezu richtige Gestalt haben. Beim Zusammenschleifen ist besonders auf möglichst gleichmäßige Verteilung des feinen Schmirgels auf den einzuschleifenden Flächen zu sehen. Schmirgel und Öl hat man in kleinen Zwischenräumen, also öfter, aufzutragen und mit einer Korngröße so lange zu arbeiten, bis die ganzen Flächen gleichmäßige Bearbeitung zeigen; dann erst geht man zu einer entsprechend gewählten noch feineren Sorte über.

Schleifen von Meßbolzen.

Die Anfertigung von Meßbolzen (Endmaßen) verlangt die Anarbeitung zweier genau paralleler und vollkommen ebener Endflächen. Es wird hierzu ein besonderes Schleifverfahren angewendet. Das zu schleifende Endmaß wird in eine Klemme gespannt, welche die genau normale Lage des Maßes gegen eine Richtplatte bedingt. Richtplatte und Klemme sind durch Schabarbeit hergestellt. Die Richtplatte ist in der Mitte durchbrochen und etwas vertieft ausgenommen und eine schwach konvexe kleine kupferne Scheibe läßt sich in dem Richtplattenloche vertikal fein einstellen. Die Klemme besitzt vertikale Wände der Horizontalschnitt bildet einen Winkel (L) und an diese Wände wird der genau zylindrische Meßbolzen angedrückt und vertikal so festgestellt, daß seine Endfläche etwas vor der Endfläche des Winkels vorragt. Setzt man nun die Klemme so auf die Richtplatte, daß die zu bearbeitende Bolzenfläche in die Vertiefung der Richtplatte ragt, so kann man das mit feinstem Schmirgel bekleidete kupferne Schleifkissen

an dieser Endfläche zur Wirkung bringen und durch oftmaliges, verschieden gerichtetes Hinführen der Klemme über das Schleifkissen eine genaue Ebene, senkrecht auf die Bolzenachse herstellen. Bei dieser Arbeit verschiebt sich die Klemme mit ihrer geschabten Endfläche auf der Richtplatte. Durch Umspannen des Meßbolzens und die gleiche Schleifarbeit bekommt man die zweite Endfläche parallel zur ersten.

Polieren.

Das Polieren (Poliren) bezweckt die Hervorbringung der höchsten Glätte und des davon abhängigen Glanzes. Dieser Glanz kann bei allen hämmerbaren Metallen auf zweierlei Weise erreicht werden, entweder durch Wegnahme der feinen Unebenheiten, welche nach dem Feinschleifen an der Oberfläche der Werkstücke verblieben, oder durch Niederdrücken derselben. Bei allen spröden Materialien ist nur der erste Weg anwendbar, welcher eigentlich nichts anderes ist als ein Schleifen mit viel feineren Mitteln und daher mit Recht als Glanzschleifen bezeichnet wird.

Beim Glanzschleifen können alle jene Mittel, durch welche Schleifpulver zur schleifenden Wirkung gebracht werden können, zur Anwendung kommen, nur hat man statt der Schleifpulver Poliermittel anzuwenden.

Als wichtigstes Poliermittel für die meisten Metalle, für Glas und viele Steine ist das Engelrot, Polierrot, Caput mortuum oder Rouge hervorzuheben; es ist Eisenoxyd feinster Form, entweder als Niederschlag bei chemischen Prozessen oder aus dem Mineral Engelrot durch Pulverisieren und Schlämmen erhalten. Man poliert damit, indem man es mit Öl, Weingeist oder Wasser anreibt.

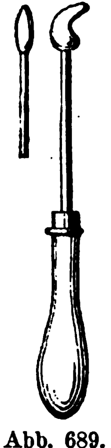
Weiter werden als Poliermittel Kalk, Zinnasche, Diamantin, Tripel, Englische Erde, Knochenasche, Kreide, Graphit, Kienruß, Holzkohle, Magnesia (alba) und Ziegelmehl verwendet.

Alle diese Poliermittel müssen sandfrei und als sehr feine Pulver, meist geschlämmt, zur Anwendung kommen.

Kalk, insbesondere „Wiener Kalk“, wird in gebranntem Zustande auf Stahl, Messing, Bronze zum Polieren benutzt, und zwar nur sehr selten trocken, gewöhnlich mit Öl, Olein, Weingeist oder Wasser angerieben, was nur in jenen Mengen geschehen soll, welche sofort in Verwendung kommen.

Zinnasche, Diamantin (gebrannte Alaunerde), Holzkohle und Graphit werden zum Stahlpolieren, Tripel, Knochenasche, Kreide, Kienruß, Magnesia, Ziegelmehl zum Polieren weicherer Metalle oder zur Reinigung, als Putzpulver, verwendet.

Das Polieren mit dem Polierstahle kann auf alle hämmerbaren Metalle Anwendung finden, insbesondere steht es im Gebrauch zum Polieren von Gold- und Silberwaren, wobei man den Polierstahl in Seifenwasser taucht und sodann die Ware mit mäßigem Drucke überreibt. Nach längerem Gebrauche wird der Polierstahl „schlüpfrig“ und wirkt minder gut; man frischt ihn durch Überreiben mit Zinnasche und Öl auf, denn hierdurch


Abb. 689.
Polierstahl.

entfernt man die anhängenden feinen Teilchen des bearbeiteten Metalles, durch welche der Polierstahl schlüpfrig wurde.

Von dieser Methode des Polierens macht man besonders dann Anwendung, wenn an dem Werkstücke mannigfach gestaltete Figuren glänzend auf mattem Grunde erscheinen sollen. Die Formen der Polierstähle oder Poliersteine (Achat, Blutstein) sind mannigfach und kann vorstehende Abb. 689 als Beispiel dienen.

Im Anschlusse sei noch bemerkt, daß man sich zum Blankscheuern mancher Gegenstände, z. B. der Drahtstifte, Ketten u. dgl., mit Vorteil der Scheuertonnen bedienen kann. Es reiben sich hierbei diese Gegenstände an sich selbst und den in die langsam rotierende Tonne zugesetzten Sägespänen o. dgl. glänzend.

VIII. Schraubenschneiden.

Zur Herstellung von Schraubenmuttern aus Stahl, Eisen, Messing usw. verwendet man als Handwerkzeuge die Schraubenbohrer (Gewindestähle, Schneidbohrer, Mutterbohrer), als deren älteste mit den einfachsten Mitteln herstellbare Form das durch Abb. 690 gekennzeichnete Werkzeug betrachtet werden kann. Um dieses Werkzeug zu erhalten, werden an dem gehärteten

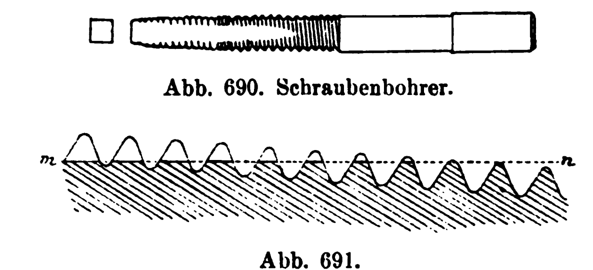


Abb. 690. Schraubenbohrer.

Abb. 691.

Schraubenbolzen vier Ebenen angeschliffen, welche gemeinsam eine sehr spitze, im Querschnitt quadratische Pyramide bilden, deren Achse mit der Achse der Schraube zusammenfallen muß. Der Zuschliff, welcher am verjüngten Ende des Werkzeuges so viel Material entfernt haben muß, daß die Endfläche des Werkzeuges ein Quadrat bildet, welches etwas kleiner ist als dasjenige Quadrat, welches in einen Kreis vom inneren Durchmesser der Schraube eingeschrieben werden kann, dieser Zuschliff läßt somit am Ende nichts mehr von den Gewinden übrig, während er sie auf der Gegenseite unberührt läßt. Hierdurch bilden sich am Werkzeuge Zahnreihen von wachsendem Durchmesser, Abb. 691, und wachsender Breite.

Führt man nun dieses Werkzeug in eine Bohrung vom Durchmesser des inneren Gewindes ein, und gibt man dem Werkzeuge, während man es dreht, einen stetigen Druck in seiner Längsrichtung, so schaben die

Kanten Furchen in die Lochwand, welche sich bald zu einer stetigen Schraubenfurche ausbilden und als Muttergewinde auf das Werkzeug wirkend, diesem die Längsbewegung erteilen, wenn die Hand des Arbeiters auch nur mehr drehend einwirkt. Drehung und anfäglich auch Druck in der Längsrichtung wird dem Werkzeuge durch Vermittlung des Windeisens gegeben. Es ist dies ein doppelarmiger eiserner Hebel, dessen stärkeres Mittelstück mit quadratischen oder rechteckigen Löchern zum Aufsetzen auf den entsprechend gestalteten Kopf des Schraubenbohrers versehen ist.

Der beschriebene Schraubenbohrer wirkt infolge der stumpfen Schneidwinkel (vgl. S. 389) nur schabend, daher unvollkommen. Man kann den Schraubenbohrer dadurch wirksamer machen, daß man die Schraube, von welcher man ausgehen muß, konisch abdreht, dann mit Fräsnuten von der Gestalt Abb. 692 *a* versieht und endlich härtet. Aber auch einem solchen Werkzeuge haftet der wesentliche Nachteil an, daß seine Zahnreihen nahezu

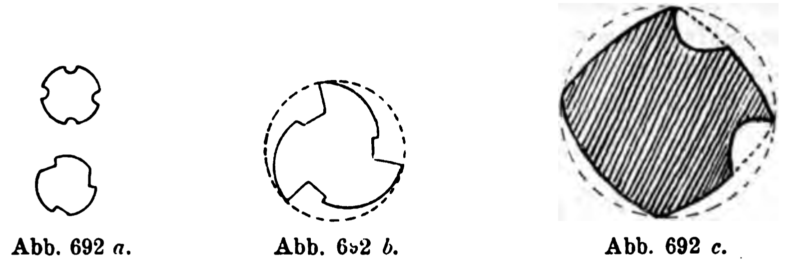


Abb. 692 *a*. Abb. 692 *b*. Abb. 692 *c*.

den Anstellwinkel Null besitzen. Richtige Form verlangt Hinterdrehen oder Hinterschleifen des Werkzeuges. Dreht man auf der Passigbank einen Bolzen nach Abb. 692 *b* ab, schneidet man dann in denselben auf der Drehbank das Gewinde und dreht es schlank konisch ab, fräst endlich Längsnuten ein, wie dies deutlicher Abb. 692 *c* zeigt, und härtet man das Werkzeug, so erhält man einen vollkommen richtigen Schraubenbohrer. Derselbe hat nur den unvermeidlichen Mangel, daß ein Nachschleifen den Durchmesser ändert, daher das Werkzeug nur so lange gebraucht werden kann, als es die Schneide hält.

Die Gewindeschneidbohrer von Joh. Berg in Nürnberg unterscheiden sich von den übrigen dadurch, daß die Gewindeabschärfung nicht auf die ganze Länge des Werkzeuges gleichmäßig kegelförmig, sondern absatzweise und stufenförmig durchgeführt ist. Das Werkzeug ist so hergestellt, daß von der geschnittenen Schraube von der Länge l durch Wegdrehen kurzer Gewindestücke zunächst nur zwei bis fünf kurze Stücke gleicher Länge gelassen werden (— 3 — 2 — 1 — z). Hierdurch kommt ans Ende ein Führungszapfen z und am Bolzen sitzen zwei bis fünf Schrauben, welche zusammen etwa vier Fünftel der Länge der ursprünglichen Schraube besitzen. Diese Gewindestücke werden nun zunächst zylindrisch abgedreht, und zwar so, daß von Teil 1 am meisten, von 2 weniger, vom letzten Teile nichts weggenommen wird. Hierauf wird jeder dieser Teile etwa zur Hälfte kegel-

förmig passig verjüngt und schließlich werden Längsnuten eingefräst. Beträgt deren Zahl drei, so kommen beim Passigdrehen drei Schwingungen auf eine Umdrehung, wodurch die Zahnreihen hinterschnitten sind.

Das konische Abdrehen der einzelnen Stufen hat mit Rücksicht darauf zu erfolgen, daß jeder der gebildeten Zähne der konischen Teile, welcher später zur Wirkung kommt, etwas weiter von der Achse des Werkzeuges absteht, daher Span nehmen muß.

Soll in ein Loch, welches nur auf gewisse Tiefe ins Arbeitsstück reicht, ein Gewinde geschnitten werden, so muß man mehrere Gewindebohrer hintereinander anwenden, deren erster einen Führungszapfen besitzt und vorschneidet, er entspricht dem ersten Absatze, der ersten Stufe des vorerwähnten Werkzeuges, der zweite Bohrer entspricht der zweiten Stufe usw. Diese Schraubenschneidwerkzeuge heißen Grundbohrer. (Siehe S. 583).

Mit den Schraubenbohrern werden die Schneideisen und auch jene Muttersegmente geschnitten, welche an den Backen sich befinden, die in den Schneidkluppen zur Verwendung kommen.

Schneideisen und Schneidkluppen sind die Werkzeuge für das Schneiden von Spindelgewinden.

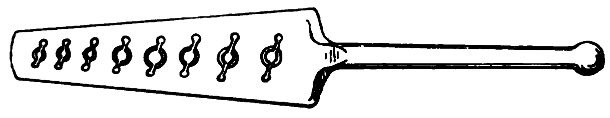


Abb. 693. Schneideisen.

Die Schneideisen werden in zwei wesentlich verschiedenen Formen verwendet. Die alten Schneideisen schneiden nicht, sie drücken das Gewinde bloß auf und schaben dabei, die neuen, amerikanischen schneiden wirklich.

Die alten Schneideisen sind gehärtete und zur gelben Farbe nachgelassene Stahlblättchen, mit oder ohne Stiel, und haben mehrere mit Muttergewinden versehene Löcher. Die Blattgröße variiert zwischen 30 bis 150 *mm* Länge, 12 bis 50 *mm* Breite und 1 bis 5 *mm* Dicke. Die kleinsten werden von Uhrmachern benutzt. Abb. 693 soll ein größeres Schneideisen versinnlichen, bei welchem die Gewinde durch gegenüberstehende Schlitze in zwei Teile geteilt sind, ohne aber Schneidzähne richtiger Form aufzuweisen. Die Kanten des Einschnittes wirken nur schabend und durch den Einschnitt wird der Austritt der Spänchen erleichtert. Hier, wie bei dem ungeschlitzten Gewinde, legt sich dieses im vollen Kreisumfange an einen passenden, am Ende konischen Bolzen an. Durch Eindrücken und gleichzeitiges Drehen des Werkzeuges werden die ersten Gewindgänge aufgedrückt. Das Fließen des Materials findet so statt, daß sich gegeneinander bewegte Materialpartien in der Mitte, d. i. auf der höchsten Kante des Gewindes begegnen, dann legen sie sich übereinander und werden von dem Innenteile des Muttergewindes geglättet, die Rinne verschwindet äußerlich, im Innern ist aber das Unganze

verblieben. Ist der Bolzen zu schwach, so können die beiden nebeneinander liegenden, wulstförmigen Grate nicht übereinander gedrückt werden und erscheinen auch auf dem fertigen, unreinen Gewinde. Ist der Bolzen zu dick, so kann er nur bei gleichzeitigem Strecken durch das Schneideisen durchgezogen werden oder er reißt. Schmieren mit Öl darf nicht unterlassen werden.

Die Grenze der Bolzendurchmesser, bis zu welchen man mit solchen Werkzeugen noch Gewinde aufdrücken kann, ist sehr bald erreicht, denn bald vermag die Menschenkraft den nötigen Druck nicht mehr hervorzubringen. Da die richtige Wahl der Dicke des Bolzens oder Drahtes, auf welchen die Schraube aufgeschnitten werden soll, von Wesenheit für die Erzielung eines guten Gewindes ist, so besitzen manche Schneideisen am seitlichen Rande Einschnitte zum Messen des Drahtes.

Die amerikanischen Schneideisen sind auf viel größere Bolzendurchmesser anwendbar und mit richtigen Schneidzähnen versehen. In den

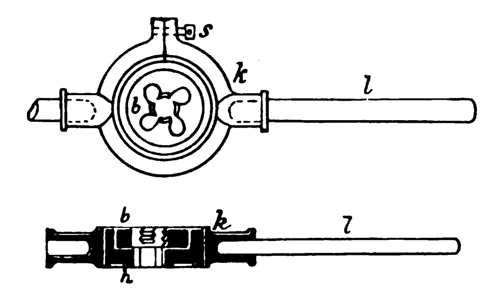


Abb. 694. Amerikanisches Schneideisen.

kurzen, unrund (passig) ausgedrehten Stahlzylinder *b*, Abb. 694, sind Gewinde geschnitten, deren Verlauf an passender Stelle durch vier Bohrungen unterbrochen ist, dadurch sind in der Arbeitsrichtung Schneidzähne mit richtigem Schneidwinkel und zugleich Abzugskanäle für die Späne gebildet. Von diesen Zähnen sind nur die obersten mit voller Ganghöhe belassen worden, die übrigen sind durch konisches Ausarbeiten gekürzt und greifen vom ersten an allmählich tiefer ein. Das Schneideisen *b* ist durch Schrauben mit der gußeisernen Hülse *h* verbunden und diese in die geschlitzte, etwas federnde Klemmbüchse *k* eingelegt. *s* ist die Klemmschraube.

Bei der Herstellung dieser Schneideisen kann das Passigdrehen zur Herstellung eines unrunden Loches angewendet werden. Das Schraubengewinde wird dann mit dem Schraubenbohrer eingeschnitten, die Schlitze werden ausgefeilt oder gebohrt und das Gewinde konisch ausgedreht, um den Schneiden allmählich zunehmende Höhe zu geben. Das Härten bildet den Schluß.

Mit Schneideisen dieser Herstellungsweise können scharfe und flache Gewinde bis zu Durchmessern von 40 *mm* geschnitten werden.

Die Schraubenkluppen bilden einen Rahmen mit einem oder

zwei Handgriffen, in welchem als arbeitender Teil die Backen (Schraubenschneidbacken) gelagert sind und gegeneinander verschoben werden können. Diese sind aus gutem Werkzeugstahl gefertigte, gehärtete und nachgelassene Klötzchen, die auf einer Seite ein segmentförmiges Gewinde eingeschnitten haben. Arbeitet die Kluppe nur mit zwei Backen, Abb. 695, so muß zur genügenden Führung der Kluppe an dem zu schneidenden Bolzen das Gewindesegment des Backens einem Mittelpunktswinkel von 90 bis 120° entsprechen. Der Bolzen wird in einem Schraubstocke aufrecht eingespannt, die Kluppe auf das obere Ende aufgesetzt, die Backen durch eine Stellschraube mäßig angezogen und bei anfangs ausgeübtem, sanftem Druck gegen abwärts die Kluppe im Kreise herumgedreht. Es bilden sich seichte Schraubengänge, welche für die weitere Arbeit als Führung dienen und weiteren Druck entbehrlich machen. Unter fleißigem Schmieren mit Öl dreht man die Kluppe bei unveränderter Backenstellung so weit herab, als die gewünschte Schraubenlänge es bedingt, dreht dann zurück und nähert die Backen erst wieder am oberen Schaftende vor Beginn des neuen Herab-

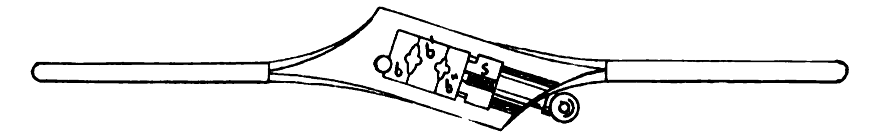
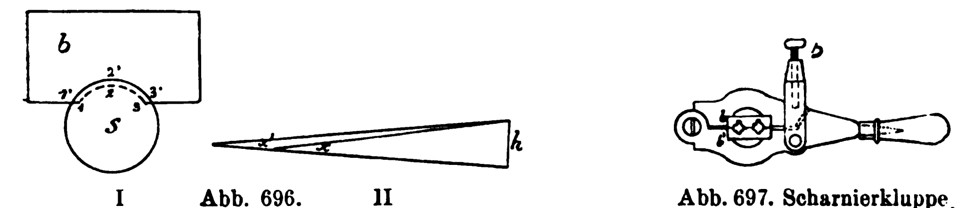


Abb. 695. Zweibackige Kluppe. Von den Backen *b*, *b'* und *b''* wirken gleichzeitig nur je zwei.

drehens. Je öfter der Vorgang bei mäßiger Spanbildung wiederholt wird, desto schöner und fehlerfreier erscheint das Gewinde. Bei beschleunigter Arbeit wird beim Auf- und Abwärtsdrehen geschnitten, wobei die Backen auch an dem unteren Ende des Bolzens einander genähert werden; es entsteht aber ein unreineres Gewinde, wenn die Backen in dem Kluppenrahmen einigen Spielraum haben, denn sie stellen sich durch den Gegendruck beim Aufwärtsschneiden anders als beim Abwärtsschneiden und arbeiten auch zum Teile auf dem früheren Gewinde. Andere Fehler entstehen bei ungleichmäßigem Niederdrücken an beiden Handgriffen, d. i. bei geneigter Kluppe, wodurch das Gewinde an verschiedenen Stellen verschiedene Steigung erhält.

Es ist daher von der Übung oder dem Arbeitsgefühl des Mechanikers abhängig, wenn zu Beginn das Niederdrücken so richtig erfolgt, daß bei einer Umdrehung auf der Spindel gerade jenes Neigungsverhältnis des Gewindes entsteht, wie es den Backen entspricht. Fehler sind leicht gemacht und werden dann nicht mehr behoben, wenn die gebildeten Gewinde den Backen schon hinreichende Führung bieten. Der Fehler wird noch gemindert, wenn gegen Ende mit umgekehrter Kluppe geschnitten wird, weil dann jene Teile der Backen zuerst angreifen, welche früher die letzten waren; vorteilhaft ist auch eine entsprechende Höhe der Backen zur Aufnahme genügend vieler Gewinde.

Werden auch alle die angeführten Vorsichten beobachtet, so ist es dennoch unmöglich, mit einer zweibackigen Kluppe reine, geschnittene Gewinde zu erzeugen; denn erstens sind selten richtige Schneidwinkel ausgebildet und zweitens gehören die nacheinander zur Wirkung kommenden Teile desselben Zahnes Schraubenlinien von verschiedener Neigung an und es muß der zu Beginn von einem Teile des Backens mit größerer Neigung gebildete Gang nach und nach verdrückt werden, bis er eine geringere Steigung erhält. Aus Abb. 696 I und II wird dies ersichtlich. Zu Beginn der Arbeit ist die äußere Gewindkante *1, 2, 3* wirksam, ihr entspricht ein Neigungswinkel x, welchen auch der von ihr gebildete Gewindeteil annimmt; nach und nach kommen tiefere Teile des Backens zur Wirkung, endlich jene innerste Kante *1', 2', 3'*, welcher der kleinere Neigungswinkel x' zugehört. Die Differenz beider Winkel kann 2° und mehr erreichen. Das von der äußersten Kante erzeugte Gewinde muß gegen Ende in die Tiefen des Muttergewindes eintreten, und dies ist nur möglich, wenn es während



I Abb. 696. II

Abb. 697. Scharnierkluppe.

der Arbeit um den Betrag der Winkeldifferenz verschoben oder verquetscht wurde. Diese Fehlerquelle kann umgangen werden, wenn die Backen mit solchen Gewindbohrern geschnitten wurden, deren Kerndurchmesser dem äußeren Gewinddurchmesser der fertigen Schraube gleich ist. Der Vorwurf, daß gegen Ende der Arbeit das Muttergewinde gegen das erzeugte ebenso unrichtig stehe, als bei den gewöhnlichen Backen zu Beginn, ist ohne praktische Bedeutung, da Backen, welche auf den äußeren Durchmesser des Bolzens passen, am Ende des Schneidens nur in ihrem mittleren Teile anliegen, daher das Gewinde fast gar nicht zu verquetschen brauchen. Der andere Fehler, der in den unvollkommen ausgebildeten, nur schabend wirkenden Schneidkanten liegt, läßt sich nur dadurch beheben, daß man dem Backen bei Punkt 3 einen solchen Einschnitt gibt, daß die Ecke bei 3 zu einer spitzwinkligen wird.

In dem Rahmen der in Abb. 695 abgebildeten, zweibackigen Kluppe ist außer den Führungen für die Backen eine Erweiterung zum Herausnehmen derselben ersichtlich. Bei dem Schneiden der Backen benutzt man die zugehörige Kluppe. Die in die Führungen genau eingepaßten und bis auf das Gewinde vollständig fertigen, noch weichen Backen werden in die Kluppe eingelegt und mit ihr um den im Schraubstocke befestigten Backenoriginalbohrer derselbe Vorgang ausgeübt, wie beim Schraubenschneiden. Darauf werden in die Backen die Kerben eingefeilt und dann gehärtet.

Die Scharnierkluppe, Abb. 697, ist auch eine zweibackige Kluppe und ein für kleinere Bolzendurchmesser sehr häufig verwendetes Werkzeug. Das Aneinanderdrücken der Backen erfolgt durch die im Bügel angebrachte Schraube *s*.

Die Kluppen werden auch oft an der Drehbank benutzt. Der Gegenstand rotiert, die Kluppe wird in der Hand gehalten und schiebt sich der Länge nach selber vor. Ähnlich ist die Wirkung der jetzt seltener angewendeten Leierkluppen. Die Backen sind in einem festen Ständer unverrückbar gelagert, der Bolzen von einer zangenartigen Vorrichtung gefaßt und mit einer Kurbel verbunden, welche in Lagern drehbar und gleichzeitig in der Achsenrichtung verschiebbar ist.

In Abb. 698 ist eine dreibackige Kluppe nach Whitworth abgebildet. Diese, sowie vierbackige Kluppen empfehlen sich folgender Eigen-

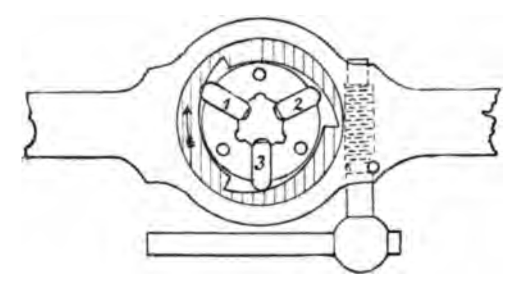


Abb. 698. Dreibackige Kluppe.

tümlichkeiten wegen: Da die Bolzen an einer größeren Anzahl von Punkten berührt werden, so ist die Führung besser und das Wanken geringer, weil die Zahl der schneidenden Zahnkanten größer ist. Die einzelnen Backen sind schmal gemacht und gestatten die schneidenden Ecken so zu legen, daß ihre Fläche radial steht. Die Kleinheit des mit Gewinden versehenen Bogens jedes Backens gestattet, daß die Backen auf verschieden dicke Bolzen gleich gut arbeiten. Die Einrichtung der Whitworth'schen Kluppe ist durch die gleichzeitige radiale Einwärtsführung der Backen mittels exzentrischer Flächen charakterisiert. Eine ganz ähnliche Bauart findet sich bei dem Klemmfutter der Seller'schen Schraubenschneidmaschine. Die Beschaffenheit der Schneidzähne soll übereinstimmend mit jener des amerikanischen Schneideisens sein.

Für alle Kluppen liegt noch eine Fehlerquelle in der Ungleichförmigkeit des Materials. Die Backen werden härteren Stellen immer etwas ausweichen und in die weicheren dafür tiefer einschneiden, oder sie scheren harte Stellen ab und quetschen die nachgiebigeren, wodurch die Spindel unrund wird, Krümmungen und Verziehen eintreten. Es eignet sich daher geschmiedetes Eisen zum Schraubenschneiden am schlechtesten. War der Bolzen von Beginn an zu stark, so darf er nicht durch fortgesetztes Nachstellen der Backen auf den richtigen Durchmesser gebracht werden, sondern man soll ihn abdrehen und dann die Schraube schneiden.

Mit den gleichen Kluppen werden auch linke Gewinde erzeugt; man ersetzt für diesen Fall den einen Backen durch einen mit glattem Ausschnitte, d. i. ohne Gewinde. Die Drehung der Kluppe geschieht unter denselben Bedingungen wie sonst, aber nach links. Der Ausschnitt im wirksamen Backen muß von wesentlich kleinerem Durchmesser sein, als der zu schneidende Bolzen, damit bloß die Zahnkanten zur Wirkung kommen und das erzeugte linke Gewinde nicht in das rechte der Backen eingequetscht werde.

Mehrfache Gewinde lassen sich von Backen mit einfachem Gewinde dann erhalten, wenn die Kluppe mit einer Einrichtung versehen ist, welche gestattet, die Backen schräg zu stellen und dadurch ihren Gängen eine solche Neigung zu geben, welche einem mehrfachen Gewinde entspricht.

Gasrohrgewinde. Zur Verbindung von Gasleitungsröhren mittels Muffen oder Kreuzstutzen müssen die Enden mit Gewinden versehen werden,

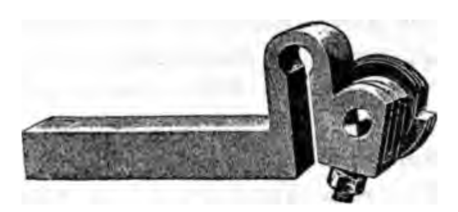


Abb. 699. Hinterdrehter Schneidkamm.

wozu gewöhnliche Kluppen benutzt werden können; in deren Backen ein feines Gewinde eingeschnitten ist. Die dünnwandigen Rohre vertragen kein so grobes Gewinde als massive Bolzen von gleich großem Durchmesser. Eine gute Gasrohrkluppe muß aber noch andere Eigenschaften besitzen, nämlich die Verwendbarkeit derselben Backen auf verschieden weite Rohre, da innerhalb bestimmter Grenzen die Zahl der auf die Längeneinheit entfallenden Gewinde bei verschiedenen Durchmessern die gleiche bleibt. Es müssen daher die zu einem Satze gehörigen drei Backen mit dem schwächsten Gewindebohrer geschnitten sein, so daß bei den weiteren Rohren das schneidende Gewinde nur vorne mit der Schneidkante an das Rohr sich anlegt und in der Mitte abstehend die Gewinde nicht quetschen kann.

Das Schraubenschneiden auf der Drehbank mit Benützung des Schneidkammes, Schraubstahles oder Strehlers besprachen wir schon S. 437, doch sei nebenstehend noch das Bild eines hinterdrehten Schneidkammes gegeben, dessen Anschliff von der Zahnbrust, wie jener bei hinterdrehten Fräsen erfolgt. Das scheibchenförmige Werkzeug ist in einem Halter befestigt, wie Abb. 699 zeigt; seine Herstellung erfolgt auf Reinecker's Hinterdrehbank, deren Einstellung so gewählt ist, daß auf eine Umdrehung der Drehbankspindel nur ein langsamer Vorschub und rascher Rückgang des Drehstahles erfolgt. Der Zahneinschnitt ist bereits vor dem Unrunddrehen gemacht (vgl. S. 519), und man erhält durch letzteres ein Scheibchen, dessen Umfläche nach einer Archimedischen Spirale geformt ist. Durch fortgesetzten Brust-

schliff kann dieses Scheibchen stets in wirksamen Zustand gesetzt, hierbei aber dem größten Teile des Umfanges nach allmählich aufgebraucht werden, daher dieses Werkzeug bei bequemstem Zuschliffe sehr lange gebrauchsfähig bleibt.

Verfertigung von hölzernen Schrauben.[1]) Die Arbeitseigenschaften des Holzes beschränken die Herstellung von Schrauben auf jene Methoden, welche Späne abtrennen. Gewöhnlich werden die Schraubenmuttern mit Gewinde- oder Schraubenbohrern geschnitten. Die älteren Werkzeuge schneiden nicht, sie reiben und reißen Holzmasse aus, das Gewinde wird rauh und erst durch Tränken mit Unschlitt geglättet. Rein und vollkommen arbeiten nur jene Werkzeuge, welche den Geisfuß anwenden, der aus zwei in spitzem Winkel stehenden Schneiden kleinen Zuschärfungswinkels besteht. Der mit einem zylindrischen Führungsansatze versehene Gewindebohrer ist auf eine gewisse Tiefe hohl. Der erste Gewindegang ist an einer bis drei Stellen durch Bohrungen unterbrochen und so nachgefeilt, daß der in der Bewegungsrichtung nachfolgende Gewindeteil einen Geisfuß bildet, während der vorhergehende Teil entweder ganz beseitigt oder auf geringere Höhe gebracht ist. Der Spanaustritt erfolgt durch die Bohrung nach einwärts. Der erste Zahn kann sonach auf einem Gewinde von einem Drittel Höhe ausgebildet sein. Der zweite Zahn schneidet tiefer ein, und erst der letzte arbeitet voll aus. Abb. 700.

Schraubenspindeln werden mit dem Schneidzeug hergestellt, dessen arbeitender Teil ebenfalls ein Geisfuß ist. Die ältere Konstruktion (Abb. 701) besteht aus zwei hölzernen Klötzchen *a* und *b*, welche von den Schrauben *c* zusammengehalten sind. Die zylindrische Spindel wird bei *d* eingeführt, das Werkzeug unter Druck gedreht und das Gewinde von dem Geisfuße *g* gleich auf volle Tiefe ausgeschnitten, wenn dies die Größe des Gewindes gestattet. Führung findet es unmittelbar hinter der Schneidkante in dem Muttergewinde *e* des oberen Backens. Ist das Werkzeug für sehr große Schrauben bestimmt, so kann es zwei, auch drei Geisfüße besitzen, welche sukzessive tiefer schneiden. Die neuere Konstruktion ist in Eisen ausgeführt (Abb. 702). Die Hülse enthält zur Führung ein Muttergewinde und zur Aufnahme des tangential an die Schraubenfläche liegenden Werkzeuges einen seitlichen Fortsatz. Durch eine rückwärtsliegende, in der Zeichnung nicht sichtbare Schraube ist der Geisfuß seitlich festgehalten, von unten aber durch den Deckel, der in seiner glatten Bohrung die Spindel zugleich führt. Hölzerne

[1]) Mit den hölzernen Schrauben dürfen die sogenannten Holzschrauben nicht verwechselt werden. Holzschrauben sind aus Eisen, Messing u. dgl. hergestellt und dienen zur Verbindung hölzerner Werkstücke. Sie werden in Österreich in den Fabriken von Brevillier u. a. großenteils mittels automatisch wirkender Maschinen hergestellt; ihre Gewindgänge sind schmal und ragen verhältnismäßig weit über den Bolzen vor, wodurch sie geeignet sind, sich leicht in die Wandung eines vorgebohrten Loches einzuschneiden. Bei einem Bolzendurchmesser von 4 *mm* ragt das Gewinde etwa 1 *mm* vor und hat eine Breite von $^1/_3$ bis $^1/_2$ *mm* bei einer Steigung von etwa 3 *mm*.

Schrauben werden auch häufig mittels des Schneidkammes auf der Drehbank hergestellt.

Schraubenschneidmaschinen für Befestigungsschrauben sind teils Maschinen, welche mit Schneideisen, oder mit Kluppen arbeiten, teils Revolverdrehbänke, teils auch vollkommen automatisch wirkende Maschinen.

Am verbreitetsten sind wohl die mit Kluppen arbeitenden Schraubenschneidmaschinen, bei welchen der Arbeiter das Einspannen der zu schneidenden Mutter oder des zu schneidenden Bolzens besorgt und den Beginn der Arbeit dadurch vermittelt, daß er das Arbeitsstück gegen das Werkzeug schiebt und bis zum Erfassen an dasselbe andrückt. Bei diesen Maschinen beschränkt sich die maschinelle Arbeit darauf, dem Werkzeuge (Schrauben-

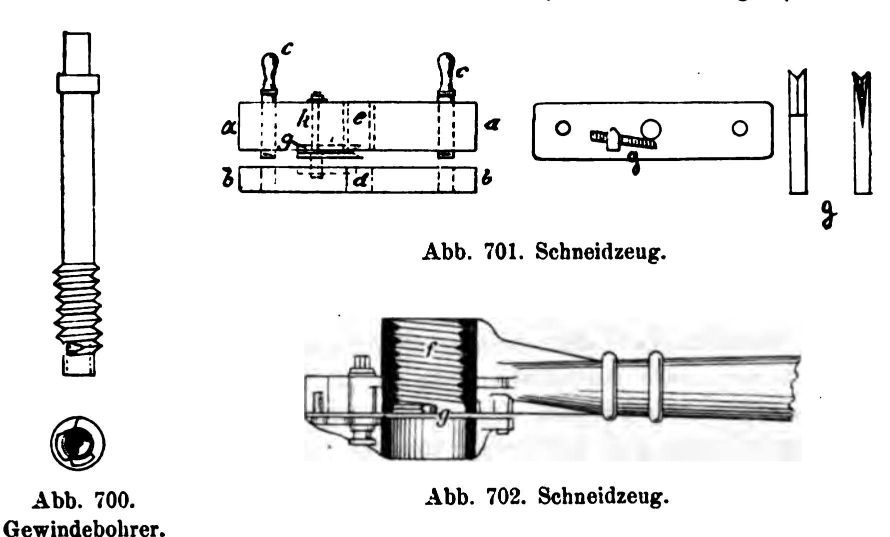


Abb. 701. Schneidzeug.

Abb. 700. Gewindebohrer.

Abb. 702. Schneidzeug.

bohrer oder Kluppe) die rotierende Bewegung zu erteilen, welche je nach den Abmessungen des Arbeitsstückes eine größere oder kleinere Umdrehungszahl der Spindel verlangt, daher ein Stufenkonus angewendet ist. Das Werkzeug kann z. B. die Tourenzahlen 8, 15, 25, 40 erhalten.

Das Arbeitsstück ist in einer Klemmvorrichtung (Halter) so gefaßt, daß seine Achse in die Verlängerung der Spindelachse fällt und erhält seine axiale Führung dadurch, daß der Halter *h* sich in einem Träger (*a*○——*h*——○*a*) befindet, dessen Augen *aa* auf zwei zur Spindelachse parallelen Stangen gleiten können.

Hat der Arbeiter den zu schneidenden Bolzen in den Halter eingespannt, so schiebt er den Träger mit Halter und Bolzen gegen die rotierende Kluppe, drückt den Bolzen ein, bis das Schneiden beginnt und wartet nun das Einziehen des Bolzens in die Kluppe ab. Hierauf zieht er die Backen nach und steuert die Bewegung um, es findet unter weiterem Schneiden die Rückbewegung des Trägers statt. Neuerliches Nachziehen der Backen und

Umkehrung der Bewegung erfolgt des weiteren so lange, bis die Schraube fertig geschnitten ist.

Beim Schneiden der Muttern findet nur einmalige Längsbewegung statt, weil der Schraubenbohrer bezüglich seiner Schneiden ein unverstellbares Stück ist. Sollte das Muttergewinde bei einmaligem Schnitte nicht die gewünschte Reinheit aufweisen, dann kann ein zweiter Gewindebohrer, der Nachschneider, angewendet werden. Minder einfach ist die Schraubenschneidmaschine von Sellers, welche mit einen dreibackigen Kluppe arbeitet, aber den Vorteil besitzt, die Bolzen in einem Schnitte fertigzustellen. (S. Hart, Werkzeugmaschinen.)

Für die Massenfabrikation kleiner Befestigungsschräubchen stehen vollkommen automatische Maschinen in Verwendung.

VI. TEIL.

Von den Arbeiten zur Verbindung oder Zusammenfügung.

Die Verbindungs- oder Zusammenfügungsarbeiten sind mannigfach und lassen sich nach Karmarsch einteilen in Schweißen, Falzen, Nieten, Nageln, Löten, Leimen, Kitten, Zusammenschrauben, Zusammenkeilen, Verbinden durch Reifen und durch eigentümliche Formung der Teile.

Vom Schweißen wurde bereits S. 274 bis 277, vom Falzen S. 356 gesprochen.

Das Nageln, Zusammenschrauben, Keilen, die Verbindung durch Reifen und eigentümliche Formung der Teile, von welcher insbesondere bei Holzverbindungen häufig Gebrauch gemacht wird, sind teils aus dem gewöhnlichen Leben bekannt, teils werden sie anderwärts im Anschlusse an die Elemente des Maschinenbaues und der Baukonstruktionslehre behandelt. Es bliebe wohl noch technologisch sehr Interessantes, z. B. die Tyrebefestigung, die Zinkenschneidmaschinen usw. zu besprechen, dies muß aber hier unterlassen werden. Wir begnügen uns, einiges über das Nieten, Löten, Leimen und Kitten mitzuteilen.

Das Nieten.

Für das Nieten bedient man sich zylindrischer Bolzen meist mit einem Kopfe, des Nietes (das Niet oder die Niete). Das Niet muß in zusammenstoßende gleiche Löcher der zu verbindenden Stücke gut einpassen und der Schaft des Nietes muß länger sein als die Dicke der zu verbindenden Teile. Den vorstehenden Teil des Nietes staucht man zu einem Kopfe.

Die Abb. 703 stellt ein Niet dar, welches in die Löcher beider zu verbindender Platten eingeschoben ist. *u* ist der Setzkopf, welcher bei der Fabrikation des Nietes (vgl. S. 302) gebildet und *o* deutet punktiert den Schließkopf an, welcher beim Nieten angestaucht wird.

Bei der sogenannten Stiftennietung verwendet man zylindrische Bolzen, führt dieselben so in die Löcher ein, daß sie beiderseits der Bleche gleichweit vorragen und staucht beide Köpfe gleichzeitig (siehe S. 561).

Man kann kalt oder warm (Niet glühend), durch ruhigen Druck oder durch Schlag nieten. Die Nietverbindung kann eine starre wie bei eisernen Brücken, Dampfkesseln u. dgl., oder eine bewegliche, wie bei Scheren, Zangen u. dgl. sein.

Kalt nietet man in der Regel nur bei Anwendung kleiner Niete, etwa bis zu einem Durchmesser von 6 *mm* und auch bei der beweglichen Vernietung. Ruhigen Druck bei kalter Vernietung wendet man sehr selten an. Man hat wohl kalt und mit ruhigem Drucke auch größere Nietungen hergestellt, aber man kommt bald zu sehr hohen Pressungen, bei 20 *mm* Niet gegen 50.000 *kg*, und dies macht den Vorgang nicht ratsam. Zumeist

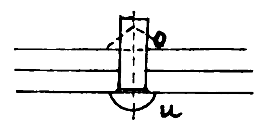
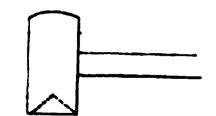



Abb. 703. Vernietung. *u* Setzkopf, *o* Schließkopf.


Abb. 704. Schellhammer.

wird bei starrer Vernietung mittels starker Niete heiß und durch Schlag gearbeitet. Ist die glühende Niete eingeschoben, so wird der Setzkopf durch die Pfanne gestützt, in welche er sich wie in eine zu ihm passende Matrize einlegt. Die Pfanne kann das Ende einer massiven kurzen Eisenstange, des Vorsetzers, bilden und von einem Hilfsarbeiter angehalten werden, oder die Pfanne ist am Ende einer Winde oder auf dem kürzeren Arme eines Hebels befestigt. Wesentlich ist, daß die Pfanne den Setzkopf so lange andrückt, bis die Nietung vollendet ist. Der Schließkopf wird zunächst durch Handhämmer aus dem Groben angestaucht, und sodann mittels des Setz- oder Schellhammers, Abb. 704, fertig gemacht, indem man ihn auf den roh geformten Schließkopf aufsetzt und mittels des Zuschlaghammers antreibt. Der Schließkopf nimmt die Gegenform der Vertiefung des Schellhammers an.

Das Nieten großer, insbesondere hohler Werkstücke (Dampfkessel) ist mit einem sowohl für die Arbeiter nachteiligen als für die Nachbarschaft lästigen Lärm verbunden; die Anwendung hydraulischer Nietmaschinen behebt diesen Übelstand und beschleunigt überdies die Arbeit, doch ist sie nur dort anwendbar, wo man der Nietstelle mit der Maschine beikommen kann.

Bei der Bildung von Trägerelementen aus Flacheisen, Winkeleisen,

T-Eisen usw. ist der Abstand der Nietstelle von der Kante des Werkstückes so klein, daß man der hydraulischen Nietmaschine die Gestalt eines Bügels „⊂“ geben kann, zwischen dessen Schenkelenden *ab* die Nietung erfolgt. Hierbei ist mit *a* der Nietstempel und der kleine hydraulische Zylinder, mit *b* die Pfanne verbunden. Die ausgeübte Pressung von 8000 bis 20.000 *kg* vermag ein nicht zu schwerer Stahlgußbügel ganz leicht zu ertragen (vgl. Tangye's hydraulische Lochmaschine, S. 380). Das Maschinchen ist aufgehängt, läßt sich heben und innerhalb einer weiten Fläche horizontal verstellen, und das Druckwasser wird ihm durch gelenkige Röhren in der Spannung von 150 bis 300 Atmosphären zugeführt.

Handelt es sich aber um die Nietung von Dampfkesseln, dann stellt sich die Aufgabe, eine praktische Maschine zu konstruieren, wesentlich schwieriger. Der Kessel muß hängend zwischen feste Gußstahlständer ⊔ gebracht werden, und muß sich leicht heben und drehen lassen, um jene Punkte, wo die Niete einzuziehen sind, an die Pfanne und vor den Stempel zu bringen. Pfanne und Stempel sind einander gegenüberstehend an den Ständerarmen angebracht, deren freie Höhe gleich der halben Länge des Kessels sein muß, wenn man sämtliche Nieten einer Längsreihe mit der Maschine einziehen will. Daß der Mantel des Kessels vor der Nietung bereits durch einzelne Schrauben provisorisch aus den gelochten und gebogenen Kesselblechen zusammengebunden sein muß, sei nebenbei erwähnt, wie auch der Umstand, daß der Kesselmantel zweimal, bald die eine, bald die andere offene Seite nach unten, in die Maschine gebracht werden muß. Als eine vorzügliche Maschine ist jene zu bezeichnen, welche die Maschinenfabrik Breitfeld, Daněk & Comp. bereits in zahlreichen Exemplaren nach der Konstruktion Schönbach's ausgeführt hat. (Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Vereines, 1887, D. R. P. 46.948 und 63.454.)

Mit der Nietmaschine Schönbach's läßt sich sowohl die gewöhnliche Vernietung als auch die Stiftennietung durchführen.

In die zusammenfallenden Löcher der Bleche des hängenden Kessels wird der glühende Bolzen so eingeschoben, daß der Setzkopf auf der Stempelseite sich befindet. Schreitet der Stempel, hydraulisch bewegt, vor, so drückt er auf den Setzkopf und auf die zu vernietenden Bleche, und nähert Niet und Bleche der entgegenstehenden Pfanne. Auf die Pfanne ist ein Rohr („Krone“) geschoben, welches die Pfanne um etwas mehr überragt, als die aus den Blechen vorstehende Länge des Nietbolzens beträgt und die Krone muß zurückgeschoben werden, bevor das Niet an der Pfanne Stauchung erlangt. Dieser Rückschub erfolgt jedoch erst nach Überwindung hydraulischen Gegendruckes, welcher von einem Akkumulator auf die Krone ausgeübt wird; und dadurch werden die Bleche unmittelbar vor und bei der Stauchung des Nietes fest aneinander gedrückt. Die Krone wirkt sohin als Nietenzieher und die Vernietung erfolgt tadellos. Bei der sogenannten Stiftennietung ist das Niet ein zylindrischer Bolzen, hat also keinen Setzkopf, und bei dieser Nietung müssen beide Köpfe gleichzeitig aus den beiderseits

der Bleche gleichweit vorstehenden Bolzenenden gebildet werden. Für diese Nietungsweise ist sowohl auf den Stempel als die Pfanne eine Krone geschoben, wie dies die beistehende Skizze andeutet, in welcher $b_1 b_2$ die zu vernietenden Bleche, n das Niet, S der Stempel, P die Pfanne und k_1 k_2 die beiden Kronen darstellt. Stempel S und Krone k_1 bewegen sich gemeinsam gegen P und k_2; der Bolzen n wird zunächst genau in die Mitte geschoben und nachdem der Akkumulatorwiderstand auf k_2 etwas größer ist als jener auf k_1, so beginnt die Stauchung wohl bei S, um aber sofort beiderseits einzusetzen und beide Nietköpfe gemeinsam zu bilden.

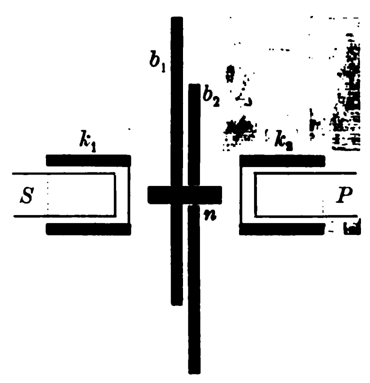


Abb. 705. Stiftennietung.

Entsprechend den zu bildenden Nietköpfen sind die Stirnflächen S und P entsprechend vertieft.

Für die Nietungen mit feinen Nieten, wie sie in zahlreichen Gewerben (Schlosserei, Spenglerei, Bronzewarenfabrikation usw.) vorkommen, bedient man sich kleiner, in den Schraubstock einzuspannender Pfannen (Nietstöckchen) und statt des Setzhammers nicht selten einer Nietpunze, eines kleinen, fingerlangen Stahlstäbchens, dessen Ende entsprechend halbkugelig oder kegelförmig ausgenommen ist.

Um eine bewegliche Vernietung herzustellen, taucht man das Niet in Öl.

Jede gute starre Vernietung verlangt, daß die Löcher der zu verbindenden Stücke gut zusammenpassen und das Niet nur sehr wenig kleineren Durchmesser besitzt. Auch müssen die Platten beim Nieten dicht aneinander liegen. Die erste Bedingung wird durch Eintreiben von Dornen, zuweilen auch durch Reibahlen erfüllt; zum Zwecke dichten Anschlusses der Platten wendet man bei Handarbeit den Nietenzieher oder Anzug an, welcher dem Setzhammer ähnlich ist, jedoch statt einer Vertiefung von der Form des Schließkopfes ein tieferes Loch besitzt, welches dem Bolzen freien Raum läßt. Bei den Nietmaschinen ist der Stempel von einem Rohre umgeben, welches dem Stempel voreilt und den Anschluß der Bleche bewirkt. Gebohrte Löcher sind reiner als gepreßte und lassen im Material keine Spannungen zurück, sie sind für manche Nietarbeiten vorgeschrieben (Österreichische Brückenverordnung).

Mag die Nietung von Dampfkesseln noch so gut ausgeführt sein, so schließen die Bleche nie wasser- und dampfdicht aneinander, diese Eigenschaft muß durch das Verstemmen gegeben werden.

Das Verstemmen erstreckt sich sowohl auf den Rand sämtlicher außenliegender Nietköpfe, als auch auf die Fugen der Kesselbleche. Es sollen hierbei die Ränder der Nietköpfe dicht an die Platte und der Blechrand der äußeren Platte dicht an die an der Nietstelle innenliegende Platte ge-

drückt werden, ohne daß durch scharfe Werkzeuge eine Verletzung der Bleche eintritt. Es sind daher stumpfe, abgeflachte oder abgerundete Verstemmer anzuwenden, wie dies durch Abb. 706 angedeutet wird. Viel rascher

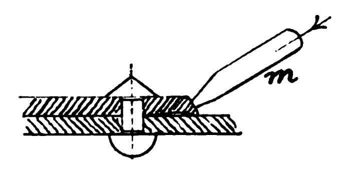


Abb. 706. Verstemmen.

als durch das gewöhnliche Verstemmen wird diese Arbeit mittelst der pneumatischen Verstemmer der pneumatic tool company geleistet.

Löten.

Löten wird jenes Verfahren genannt, durch welches Metallflächen gleicher oder verschiedener Art mittelst eines andern, im geschmolzenen Zustande zwischen dieselben gebrachten, daselbst erstarrenden Metalles verbunden werden.

Das auf solche Weise zur Verbindung angewendete Metall, das Lot, darf keinen höheren Schmelzpunkt als die zu lötenden Metalle besitzen, vielmehr ist in der Regel der Schmelzpunkt des Lotes niedriger.

Die metallische Verbindung kann nur dann eine gute werden, wenn die zu verbindenden Flächen metallisch rein sind und das Lot die Neigung hat, an ihnen zu adhärieren oder noch besser sich zu legieren.

Man unterscheidet Weichlot oder Schnellot und Hartlot oder Schlaglot und spricht von weichlöten oder hartlöten, je nach dem zur Lötung verwendeten Lote.

Zu den Weichloten gehören:

Zinn zum Löten von Gegenständen, welche aus reinem Zinn hergestellt sein müssen.

Zinn-Blei-Legierungen, insbesondere 5 Teile Zinn, 3 Teile Blei (Sickerlot) als der am leichtesten schmelzbaren Zinn-Blei-Legierung. Der Schmelzpunkt liegt unter dem reinen Zinne. Die Blei-Zinn-Legierungen bilden das gewöhnliche Weichlot und sie werden zum Löten von Eisen, Kupfer, Messing, Zink, Blei, Gold, Silber, besonders auch des verzinnten Eisenbleches (Weißblech) verwendet.

Wismut-Blei-Zinn-Legierungen. Wächst der Wismutgehalt bis 50%, so erhält man Legierungen, welche unter 100° C. schmelzen, aber kostspielig sind (s. S. 126). Eine Legierung von 2 Zinn, 2 Blei und 1 Wismut schmilzt bei 145° C. Die Wismutlote werden hauptsächlich für typographische Zwecke verwendet.

Hartlote. Die wichtigsten Hartlote sind Kupfer, Messing, Argentan, Silber-Kupfer-Legierungen, Gold-Silber-Kupfer-Legie-

rungen. Mit den drei erstgenannten Hartloten lötet man schmiedbares Eisen, mit Messing lötet man Kupfer, mit zinkreicherem Messing (Messingschlaglot) wird gewönliches Messing, mit zinkreicherem Argentan wird Argentan gelötet. Silberschlaglot und Goldschlaglot sind nichts anderes als Silber- und Goldlegierungen von leichterer Schmelzbarkeit als die zu lötenden Waren. Den Silberschlagloten sind nicht selten 9 bis 28% Zink beigemengt, um sie leichtflüssiger zu machen, was namentlich dann erforderlich ist, wenn bereits gelötete Silberware noch weiter gelötet werden muß, was man nachlöten nennt.

Das Weichlöten erfolgt gewöhnlich folgenderweise: Die blanken reinen Flächen, oft frisch geschabt, werden aneinander gelegt und durch Lötzangen, Draht, Falze, Schwalbenschwanzverbindung oder dergleichen aneinander gehalten. Damit sie blank bleiben und nicht durch die beim Löten unvermeidliche Erhitzung oxydieren, bestreicht man sie mit Lötwasser, d. i. eine konzentrierte Chlorzinklösung oder eine Mischung aus Chlorzink- und Chlorammoniumlösung. Hierauf sucht man in die Lötfuge geschmolzenes Lot einfließen zu lassen, was zumeist mit Zuhilfenahme des Lötkolbens geschieht. Der Lötkolben ist ein Werkzeug, welches aus einem zu Teile prismatischen, zum Teile keilförmigen Kupferstücke (Hammerkolben) oder aus einem teils prismatischen, teils pyramidalen Kupferkörper (Spitzkolben) mit Stil und Griff besteht. Der Lötkolben muß von seiner Schneide oder Spitze aus auf 3 bis 4 *cm* gut verzinnt sein, damit man mit dem erhitzten Kolben von einer Weichlotstange oder Platte durch entsprechende Führung des Kolbens etwas geschmolzenes Lot abheben und zur Lötstelle übertragen kann. In die Lötfuge streicht man das Lot ein, welches die Fuge ausfließt und die Verbindung herstellt.

Zur richtigen Erhitzung der Lötkolben bedient man sich entweder der Lötöfen, oder man versieht den Lötkolben mit einem größeren Handgriffe, welcher eine leicht verdampfende brennbare Flüssigkeit (Benzin oder dergleichen) enthält, deren Dampf durch ein Röhrchen gegen den Kolben geleitet und dort zur Verbrennung gebracht wird. Die Erhitzung des Kolbens kann so durch zwei bis drei Stunden konstant erhalten werden, weil ein Teil der Wärme vom Kolben aus durch Leitung der Flüssigkeit zugeführt wird und deren allmähliche Verdampfung veranlaßt. Um den Verdampfungsvorgang einzuleiten, bedarf es nur der Erwärmung des Kolbens durch kurze Zeit.

Statt des Lötkolbens wird zum Schmelzen des Weichlotes zuweilen Leuchtgas mit Luft gemengt, daher rauchlos, angewendet, in welchem Falle das Lot in Form dünner kleiner Blechstückchen auf die Lötstelle gelegt wird. Für das Löten zahlreicher kleiner Stückchen, z. B. Tapezierernägel, sind besondere Vorrichtungen und auch besondere Öfen in Gebrauch und kommt fein gepulvertes oder auch granuliertes Lot zur Verwendung.

Das Hartlöten erfordert als Lötmittel Borax, gepulvertes Boraxglas, durch Schmelzen des gewöhnlichen Borax erhalten. Man kann wohl auch letzteren unmittelbar verwenden und ihn, mit fein granuliertem Lote

gemengt, an der Lötstelle aufstreuen, aber indem er beim Erhitzen mit der Lötflamme sich aufbläht und erst nach Verdampfen des Kristallwassers schmilzt und reinigend auf die Metallflächen einwirkt, so verzögert sich der Vorgang etwas. Nicht selten reibt man gewöhnlichen Borax auf einer mattgeschliffenen Glastafel mit Wasser zu einem milchigen dünnen Brei, befeuchtet mit diesem die Lötfuge und streut granuliertes Lot auf, welches an dem Brei haftet.

Man wendet auch Gemenge von Pottasche, Kochsalz und Borax als Lötmittel an.

Das Schmelzen des Lotes wird sehr oft durch eine Stichflamme besorgt, welche durch Anwendung einer gewöhnlichen Lampe in Verbindung mit dem Lötrohre erhalten wird. Das Lötrohr ist ein schlank konisches, am Ende hakenförmig gebogenes Messingrohr, mit welchem man so in die Flamme der Lampe bläst, daß dieselbe horizontal abgelenkt wird. Bei einiger Übung kann man kontinuierlich blasen, ohne daß die Atmung gestört wird.

Auch der Leuchtgas- oder Wasserstofflamme bedient man sich in der Weise, daß man diese Gase durch einen Schlauch dem Brenner zuführt, verdichtete Luft durch einen zweiten Schlauch. Das Mengenverhältnis von Gas und Luft kann durch Hähne geregelt werden. Der an dem Ende der Schläuche befindliche Brenner kann von Hand aus so geführt werden, daß man die auf Eisenblech liegende zu lötende Ware beliebig mit der Flamme umspielen kann.

Bei dem Löten von Eisen wird häufig das Schmiedefeuer verwendet. Auf die entsprechend verbundenen Stücke legt man das Lot (Kupfer- oder Messingblech) an die mit Borax bestreute Lötfuge oder bindet das Lot mit ausgeglühtem Eisendrahte fest, umhüllt mit Lehm und erhitzt, bis das Lot schmilzt. Hierbei färbt sich oft die Flamme des Schmiedefeuers an den Säumen grün. Sobald diese Farbe sich zeigt, muß das Werkstück rasch aus dem Feuer genommen werden, denn dieselbe rührt von verbrennendem Kupfer her.

Beim Löten größerer Messingwaren schützt man dieselben oft durch einen Anstrich von Lehm vor Oxydation.

Nach dem Löten wird der angeschmolzene Borax durch Einlegen der Stücke in sehr verdünnte Schwefelsäure (angesäuertes Wasser) entfernt.

Das Löten des Gußeisens wird in neuerer Zeit mit sehr gutem Erfolge für die Wiedervereinigung gebrochener größerer Maschinenteile verwendet. Das hierbei verwendete Lötmittel besteht aus einem Gemenge von Borax und Kupferoxydul, welch' letzteres entkohlend auf die zu lötenden Stellen des Gußeisens einwirkt und dieselben mit einer äußerst dünnen Kupferschichte überzieht, wodurch das Hartlot (Kupfer) anfällt; dasselbe wird unter der Benennung „Ferrofix" in den Handel gebracht.[1])

[1]) S. Dinglers polyt. Journal 1902 S. 34. D. R. P. Nr. 110319 von Friedrich Pich. Bezugsquelle: Anton Eichler, Wien, IV., Favoritenstraße 20.

Leimen.

Unter Leimen versteht man die Verbindung von Holzflächen durch flüssig gemachten Leim, welcher zwischen dieselben gebracht wird und daselbst trocknen muß; und unter Leim eine Substanz, welche durch die Einwirkung kochenden Wassers aus Knorpeln, Sehnen, Häuten, Knochen u. dgl. gezogen werden kann. Knorpelleim (Chondrin) und Knochenleim (Glutin) werden unterschieden,[1]) denn sie verhalten sich gegen Reagentien ungleich, obwohl das physikalische Verhalten dasselbe ist.

Der käufliche Leim soll im Wasser eingeweicht, zum Aufquellen gebracht, und dann erst durch Erhitzen flüssig gemacht werden. Es empfiehlt sich insbesondere, doppelwandige Leimgefäße zu verwenden und zwischen die beiden Wände Wasser zu geben, weil dann die Erhitzung im Wasserbade stattfindet und den Siedepunkt nicht überschreiten kann. Hierdurch ist das Anbrennen des Leimes sicher hintanzuhalten, welches sonst den Leim verdirbt, jedenfalls seine Bindekraft vermindert; auch bleibt der Leim in solchem Gefäße lange flüssig.

Die Konsistenz der heißen Leimlösung soll eine solche sein, daß ein Tropfen derselben auf einen kalten Körper gebracht, nach wenigen Minuten gelatinös wird. Die heiße Lösung muß aber dünnflüssig sein, so daß sie in dünner Schicht auf die zu verleimenden Flächen mittelst des Pinsels gestrichen werden kann. Ist dies geschehen, so sind die zu verbindenden Flächen gegeneinander zu drücken, für welchen Zweck der Tischler die Leimzwingen verwendet, und gepreßt bis zum völligen Trocknen des Leimes zu belassen.

Mit gutem Leime richtig ausgeführte Leimung hält sehr fest, so, daß z. B. zwei teilweise übereinander geleimte Leisten sich nicht an der Leimfuge lösen, wenn Leiste *b* eingespannt und Leiste *a* am Ende niedergedrückt wird, bis der Bruch erfolgt. Der Bruch muß wenigstens teilweise im Holze erfolgen.

Die mit gewöhnlichem Leime verbundenen Holzbestandstücke widerstehen der Einwirkung der Nässe nicht. Hingegen bleibt die Verbindung gesichert, wenn man sich des sogenannten Holzkittes bedient. Um diesen herzustellen, kocht man 16 Teile Leim mit dem vierfachen Gewichte Wasser und setzt dieser Leimlösung 9 Teile Leinölfirnis unter Umrühren und Kochen durch zwei bis drei Minuten zu.

Flüssiger Leim wird nach bestimmten Vorschriften durch Zusatz von Salpetersäure zu einer Leimlösung oder durch Lösen von Leim in Essig erhalten.

Um Metall auf Holz zu leimen, verwendet man sogenannten russischen Leim, oder man rührt in guten Leim 4 bis 8 % Kreidepulver oder Zinkoxyd ein, durch welchen Zusatz die Bindekraft erhöht wird.

[1]) S. Näheres Karmarsch-Heeren, techn. Wörterbuch. Bd. 5, S. 357.

Marineleim ist eine warm bereitete Mischung von Teeröl und Schellack oder von Kautschuk, Teeröl und Schellack.

Kitten.

Von der Verbindung durch Kitte wird bei der Herstellung von Schmirgelscheiben und Kunststeinen ein wichtiger Gebrauch gemacht; auf Metall werden Kitte meist nur zur dichten Ausfüllung von Poren, Zwischenräumen und zum Dichtmachen von Fugen verwendet, während die eigentliche Verbindung durch Schrauben und andere Mittel erzielt wird.

In der Abhandlung über Kitte in Karmarsch-Herren's techn. Wörterbuche, Bd. 4, T. 765, hat Prof. Dr. Gintl folgende Einteilung getroffen:

1. Öl- oder Firniskitte, gewonnen durch Kneten von Schlämmkreide, Mennige, Bleiglätte, Bleiweiß, Graphit u. a. Pulvern mit trocknenden Ölen, insbesondere mit Leinölfirnis. Diese Kitte sind frisch zu verwenden, erhärten in einiger Zeit und dichten dann sehr gut ab. Glaserkitt ist Schlämmkreide mit Leinöl oder Leinölfirnis zu einem weichen Teige geknetet. Minium- oder Mennigekitt ist jener rote Kitt, welcher insbesondere zur Dichtung von Dampfleitungen in Gebrauch ist.

2. Harzkitte können durch Auflösung von Harzen in geeigneten Lösungsmitteln bei gewöhnlicher Temperatur in flüssigem Zustande sich befinden und sie kitten, wenn das Lösungsmittel verdampft ist. Z. B. Schellack in Spiritus gelöst. — Oder die Harze werden in geschmolzenem Zustande zum Kitten verwendet, Schmelzkitt, in welchem Falle die zu kittenden Stücke bis zu jener Temperatur erhitzt sein sollen, bei welcher der Kitt schmilzt, weil nur so ein festes Anhaften des Kittes, insbesondere an Metallflächen erzielt wird. Alle Siegellacke können als Schmelzkitte verwendet werden.

Hierher kann man auch die Asphaltkitte einreihen, desgleichen die Kautschuk- und Guttaperchakitte (s. obige Quelle, S. 770).

3. Leim-, Kasein- und Eiweißkitte. Leim, mit gelöschtem Kalk, Kreide oder Gips verrührt, wird vielfach als Kitt verwendet (Metall auf Glas). Eiweiß oder Kasein, mit zu Pulver gelöschtem Kalk angerieben, gibt einen guten Kitt, doch ist derselbe nur an trockenen Orten haltbar.

4. Tonkitte. Lehm, mit Salzwasser angemacht, gibt guten Ofenkitt, der Zusatz von Faserstoffen vermindert das Rissigwerden. 5 Teile Ton, 2 Teile Eisenfeilspäne, 1 Teil Braunstein, $^1/_4$ Teil Kochsalz und $^1/_4$ Teil Borax gibt Schwartze's Kitt.

Mineralkitte. *a)* Die Wasserglaskitte, welche aber die Einwirkung von Wasser schlecht vertragen. *b)* Die Chloridkitte, z. B. Zinkoxyd mit Chlorzinklösung von 50 bis 60° B. angerieben, gut erhärtend und dem Wasser widerstehend, und der sogenannte Magnesiazement aus gebranntem Magnesit und Chlormagnesiumlösung. Hierher gehören auch die sogenannten Rost- oder Eisenkitte, welche aus Eisenfeilspänen mit 1% Salmiak bestehen und mit Wasser oder Essig angerührt werden.

Als Bindungsmasse bei der Herstellung von Schmirgelscheiben verwendet man auf 42 Teile Schmirgel eine Mischung von 9 Teilen gebrannter Magnesia und 9 Teilen Chlormagnesiumlösung von 30° B.

Die durch Kitte zu vereinigenden Körper sollen rein, insbesondere fettfrei sein, der Kitt ist gleichmäßig in dünner Schicht aufzutragen und bei Schmelzkitt müssen die zu kittenden Stücke zu jener Temperatur erhitzt sein, welche dem Schmelzpunkte des Kittes entspricht.

VII. TEIL.

Von den Verschönerungsarbeiten.

Für den Verkaufswert jeder Ware ist das äußere Ansehen von hohem Einflusse, und um dasselbe gefälliger zu machen, werden je nach der Gattung der Ware verschiedene Arbeiten ausgeführt, welche man auch mit dem Worte Appretur zusammenfaßt. Nicht selten erhöhen diese Arbeiten auch die Dauerhaftigkeit, mithin den Gebrauchswert der Sache.

Zu den Verschönerungsarbeiten rechnet Karmarsch das Abbeizen, Abbrennen, Gelbbrennen, Weißsieden des Silbers, Färben des Goldes, das Schaben, Schleifen, Polieren, Gravieren, Guillochieren, das Ätzen, Verzinnen, Verzinken. Verkupfern, Vernickeln, Versilbern, Vergolden, Irisieren, Emaillieren, Einlassen mit Farben, Bronzieren, Brünieren, Schwärzen der Eisenwaren, Anstreichen, Firnissen und Lackieren.

Bezüglich der speziellen Verfahren und Vorschriften (Rezepte) sei auf Karmarsch's mechan. Technologie[1]), sein wiederholt bezogenes Wörterbuch und auf Buchner's Metallfärbung[2]) verwiesen, in welchen Werken Ausführliches gefunden werden kann; hier wird es genügen, die hauptsächlichsten Verfahren zu charakteriseren.

Das Abbeizen, Abbrennen, Gelbbrennen, Weißsieden und Goldfärben sind nahe verwandte Operationen, bei welchen entweder Metalloxyde durch schwache Säuren (verdünnte Schwefelsäure u. a.) von der Oberfläche entfernt werden, wodurch die natürliche Farbe des Metalles zum Vorschein kommt, oder bei welchen sehr starke Gemische von Säuren und Salzen nach sehr kurzer kräftiger Einwirkung der Messingware eine schöne Goldfarbe (Gelbbrennen), der Goldware aber ein Gelb mit einem Stiche ins Rötliche, Grünliche oder Bläuliche geben, so daß die Bezeichnung Färben des Goldes zutrifft.

Das Schaben, Schleifen und Polieren ist der Hauptsache nach

---

[1]) 5. Aufl., redig. von Prof. Dr. Ernst Hartig, 6. Aufl., redig. von Prof. Herm. Fischer.

[2]) Die Metallfärbung von Georg Buchner, Berlin, S. Fischer 1891.

bereits früher besprochen worden; hier sind es keine Formänderungsarbeiten, sondern ihre Bestimmung ist die Appretur der Oberflächen; der Arbeitsvorgang ist aber wesentlich derselbe.

Das Gravieren und Guillochieren ist gleichfalls von früher bekannt. Letzteres wurde allerdings nur als eine mit der Drehbank verbundene Operation auf S. 449 erwähnt. Es kann hier bemerkt werden, daß zum Zwecke der Herstellung der mannigfachsten Linienverbindungen, zusammengesetzt aus Wellengeraden, Wellenellipsen und Wellenkreisen, auch besondere Guillochiermaschinen in Anwendung stehen. (Karmarsch-Heeren techn. Wörterbuch Bd. 4, S. 175).

Das Ätzen wird als Verschönerungsarbeit auf Metall und Glas zum Zwecke der Hervorbringung matter Figuren auf glänzendem Grunde oder umgekehrt angewendet. Das Matt wird durch den Angriff einer Säure, bei Stahl verdünnter Salz- oder Salpetersäure, bei Glas der Flußsäure, erzielt, Jene Teile, welche glänzend bleiben sollen, werden durch eine schützende Decke (Ätzgrund) vor der Einwirkung der Säure bewahrt.[1])

Das Verzinnen und Verzinken erfolgt unter Beobachtung mannigfacher Vorsichten durch Eintauchen der gebeizten reinen Ware (Bleche usw.) in geschmolzenes Zinn und Zink, dessen Oberfläche durch Salmiak, Fett u. dgl. vor Oxydation geschützt sein muß.

Das Verzinken erfolgt in neuerer Zeit auch häufig auf elektrolytischem Wege.

Das Verkupfern, Vernickeln, Vergolden, Versilbern usw. erfolgt zumeist elektrolytisch oder durch das galvanoplastische Verfahren. Der zu überziehende reine Metallgegenstand wird in eine Flüssigkeit gehängt, welche jenes Metall gelöst enthält, das den Überzug bilden soll. Diese Flüssigkeit darf den eingehängten Gegenstand nicht angreifen beziehungsweise lösen. Ein schwacher elektrischer Strom wird durch die Flüssigkeit geleitet, derart, daß er von einer Metallplatte (Anode) durch die Flüssigkeit zum Gegenstand (Kathode) geht. Die Anode besteht aus jenem Metalle, welches in der Flüssigkeit gelöst ist und von welchem der Überzug gebildet werden soll. Die Anode löst sich beiläufig in jener Menge, als sich Metall an der Kathode abscheidet, so daß das Bad ziemlich konstant bleibt.

Es gibt jedoch auch andere Methoden, gut haftende Überzüge edler Metalle auf minder edlen hervorzubringen, so die Feuervergoldung usw.

Emaillieren ist das Aufschmelzen eines leichtflüssigen, undurchsichtigen, meist gefärbten Glases, Email, auf Metallwaren. Hiervon wird bei der Herstellung emaillierter Eisenblech- und Eisengußgeschirre, aber auch für Schmuckgegenstände Gebrauch gemacht. Von dem Email der Kochgeschirre verlangt man, daß es bleifrei sei und den Erhitzungen beim Kochen dauernd standhalte. Das Emaillieren verlangt Reinheit der Metalloberfläche.

---

[1]) Statt des Ätzens bedient man sich bei Metallwaren auch häufig des Sandstrahlverfahrens (s. S. 545). Jene Teile, welche glänzend auf mattem Grund erscheinen sollen, werden mit einem zähen Anstriche gedeckt.

welche mit Email überzogen werden soll. Bei Emaillieren von Geschirren wird das feingepulverte Email mit Wasser zu einer dickflüssigen Masse angemacht und der zu emaillierende Gegenstand durch Eintauchen oder Ausschwenken mit Masse überzogen, welche nach dem Trocknen eingebrannt wird.

Man gibt zuerst das sogenannte Grundemail und sodann das Deckemail. Das Einbrennen oder Schmelzen des Emails findet in Muffelöfen statt.

Das Einlassen mit Farben ist ein Vorgang, welcher als Surrogat des Emaillierens bei Bronzeschmuck u. dgl. in der Weise angewendet wird, daß man mit Farbepulvern (Bleiweiß, Zinnober usw.) versetzten Kopalfirnis in Vertiefungen der Ware einträgt und trocknen läßt.

Das Bronzieren soll Kupfer- oder Messingwaren, Zink- oder Eisengüssen u. dgl. das Aussehen von Bronze erteilen. Die diesbezüglichen Verfahren sind je nach dem zu bronzierenden Metalle sehr verschieden. Teils gibt man den Waren Anstriche mit Ölfarben oder Firnis, welche vor dem völligen Trocknen mit Bronzepulver (Malerbronze, Brokatfarben) eingestaubt werden, teils wendet man mannigfache chemische Mittel an, welche zur Bildung von Metalloxyden Veranlassung geben und hierdurch die Farbe der Oberfläche verändern.

Das Brünieren des Eisens ist gleichfalls ein das Aussehen der Oberfläche verändernder chemischer Vorgang. Die Gewehrläufe werden z. B. durch Behandlung der polierten Oberfläche mit Chlor-Antimon schön geschwärzt.

Das Schwärzen der Eisenwaren erfolgt durch Erhitzen der mit Leinöl, Teer usw. überzogenen Eisenwaren auf etwa 350° C. Das Verfahren findet meist in einer zeitweise über Feuer erhitzten Pfanne, welche die Ware enthält, durch Schütteln und wiederholten Zusatz des Schwärzungsmittels statt.

Das Anstreichen, Firnissen und Lackieren ist bei den verschiedensten Waren (Metall, Holz usw.) in Anwendung und hat große Bedeutung nicht nur für die Verschönerung, sondern auch für die Konservierung. Überstreicht man trockene ordinäre Holzware mit heißem Leinölfirnis oder auch nur mit Leinöl, so verschönert man nicht nur das Aussehen, sondern schützt das Holz auch gegen den Einfluß der Feuchtigkeit. Der Anstrich der Waggons, der landwirtschaftlichen Maschinen und vieler Baukonstruktionsteile dient wesentlich der Konservierung.

Ein korrekter Anstrich verlangt erstens eine glatte Grundfläche, welche, wenn sie nicht schon vorhanden ist, als Vorarbeit gegeben werden muß, z. B. das Verstreichen aller Vertiefungen und Blasen eines Maschinenständers durch einen billigen Firniskitt, welche Arbeit man das Spateln nennt; zweitens sollen die einzelnen Lagen der Anstreichfarbe gleichmäßig und dünn sein und jeder folgende Anstrich ist erst anzubringen, wenn der frühere gut getrocknet ist. Ein schöner Anstrich setzt mehrmaliges Überschleifen, d. i. Abschleifen der getrockneten Anstrichlagen mit geschlämmten Bimsstein

voraus, wodurch die Ungleichmäßigkeiten, welche von den Pinselstrichen herrühren, beseitigt werden und der Anstrich volle Glätte und Gleichförmigkeit erlangt. Der schließliche Lackanstrich muß in einem staubfreien Raume gegeben werden. Solche Anstriche weisen u. a. die besseren Waggons der Eisenbahnen auf.

Für die maschinenbauliche Praxis sind die Eisenanstriche von besonderer Bedeutung, und es rechtfertigt sich, einen Auszug der chemisch-physikalischen Untersuchungen zu geben, welche Direktor J. Spennrath in den Verhandlungen des Vereines für Gewerbfleiß 1895 gegeben hat. Spennrath hebt zunächst hervor, daß das Zusammenwirken von Sauerstoff und Wasser zur Rostbildung notwendig ist; es muß der Sauerstoff vom Wasser absorbiert sein, damit benetzte Eisenware rostet. Kohlensäurehaltiges Wasser bildet zunächst Eisenkarbonat und aus diesem entsteht Rost. Rost frißt weiter, weil er als poröse Masse Sauerstoff und Wasser durchläßt, ja auf sie verdichtend wirkt.

Die Ölfarben sind Gemenge von Pulvern, den Farbkörpern, mit gekochtem Leinöl (Leinölfirnis) als Bindemittel. Das Trocknen der Ölfarben ist nicht die Folge von Verdampfung, ebensowenig Folge von Verseifung des Bindemittels mit dem Farbkörper, sondern lediglich Folge des Festwerdens des Bindemittels durch Sauerstoffaufnahme, welche 13 bis 14% des Ölgewichtes beträgt. Verändert sich der Farbkörper für sich an der Luft, so verändert er sich auch im Anstrich. Die Oxydation des Leinöles beim Trocknen verhindert nicht die Oxydation des Farbkörpers, wenn er für sich allein die Neigung hat zu oxydieren.

Aus diesen Tatsachen folgt, daß manche Stoffe als Farbkörper benützt werden, welche hierzu nicht die nötige Eignung haben.

So geht Zinkweiß im Freien in kohlensaures Zinkoxyd über, das Volumen wächst auf das Doppelte, der Zinkweißanstrich wird hierdurch zerstört.

Bleiweiß und Mennige verwandelt sich bei Einwirkung von Schwefelwasserstoff in Schwefelblei (schwarz); die bei Mennige auftretende Volumvermehrung zerstört den Anstrich. Bleiweiß und Mennige sind nur haltbar, wenn kein Schwefelwasserstoff schädlich einwirkt.

Als unbedingt haltbare Farbkörper sind zu nennen:

Graphit, Rebenschwarz, Eisenrot (Roteisenstein), Schwerspat.

Spennrath untersuchte auch die Einwirkung verschiedener Agentien auf das getrocknete Leinöl, indem er sich Farbhäute dadurch herstellte, daß er auf dünnes Zinkblech gemachte Anstriche von Leinöl und Graphit nach erfolgter Trocknung durch Lösen des Zinkes abschied. Diese Farbhäute wurden durch sechs Monate der Einwirkung von Regenwasser, Seewasser, 10%igen Lösungen von Kochsalz, Salmiak und Chlormagnesium und 5%iger Schwefelsäure ausgesetzt und gefunden, daß die Einwirkung dieser Substanzen eine geringe ist. Nur bei Regenwasser betrug der Gewichtsverlust 10%. In wesentlich kürzerer Zeit bewirkte 5%ige Salzsäure einen 13%igen Gewichtsverlust, während 5%ige Salpetersäure, sowie Essigsäure zerstörend, 1%ige Sodalösung, Ammo-

niak, Schwefelammonium und schweflige Säure auflösend auf die Farbhäute wirkten, letztere Agentien schon nach einigen Tagen.

Erwärmung macht die Farbhäute spröde, sie erhalten Luftrisse. Von zwei Anstrichen ist nach den Versuchen derjenige gegen Wärme haltbarer, dessen Farbkörper das geringere spezifische Gewicht besitzt.

Weißer Anstrich schützt vor zu großer Erwärmung durch die Sonne, so lange er nicht mit Staub bedeckt ist.

Bei angestrichenem Wellbleche wurde die Farbe dort rissig und löste sich ab, wo die Sonnenstrahlen direkt Zutritt hatten, die übrigen Stellen blieben unversehrt. Um die Blasenbildung zu verhindern, soll der erste Anstrich ein magerer, der zweite ein fetter (mehr Firnis, weniger Farbkörper) sein.

Verwandt mit dem Lackieren ist das Politieren[1]) der feineren Holzwaren, Möbel usw. Nach dem Einlassen der zu politierenden Oberfläche mit Leinöl, welches in Verbindung mit dem Abschleifen vor sich geht, wird alles an der Oberfläche vorhandene Leinöl sorgfältig mittels trockener Pulver (Ziegelmehl oder dergleichen) wieder entfernt. Sodann reibt man mit einer Lösung von Schellack in Weingeist ein und setzt das Reiben so lange fort, bis Glanz (Politur) erhalten ist. Dieses Reiben findet unter schwachem Andrucke mittels eines Bauschens statt, welcher aus einem in Leinwand eingeschlagenen Schwamme (Lappen, Baumwolle) besteht, der mit Schellacklösung getränkt ist, während man die Außenseite des Ballens mit etwas Baumöl einfettet, um den Reibungswiderstand zu vermindern. Man fährt abwechselnd in geraden und kreisförmigen Zügen über die Arbeitsfläche.

Statt des sonst üblichen Bestreichens mit dem Pinsel findet hier ein Aufreiben statt, wobei die Lackschicht feiner und gleichmäßiger wird, aber viel Geduld und Mühe erforderlich ist.

Das Beizen des Holzes ist ein künstliches Färben und sind die angewendeten Mittel verwandt mit jenen, welche bei dem Färben pflanzlicher Faserstoffe zur Anwendung kommen. Es wird natürlich vor dem Politieren gebeizt. Durch das Politieren kann man aber auch noch die Farbe beeinflussen, denn man kann gefärbten Schellack zur Politur verwenden.

[1]) Mag auch dieses Wort von manchen durch das Wort Polieren ersetzt werden, so gebrauche ich dasselbe, dem Beispiele Karmarsch's folgend, deshalb, weil es bezeichnend ist.

Anhang.

1. Bemerkungen über die Reihenfolge der Arbeiten bei der Herstellung bestimmter Erzeugnisse.

Die Reihenfolge der Arbeiten, welche bei Erzeugung von Industrieprodukten auf mechanischem Wege einzuhalten ist, ist wegen der Mannigfaltigkeit der Fabrikate und der zu ihrer Herstellung benützten Rohmaterialien überaus verschieden.

Im allgemeinen wird man trachten, schrittweise der verlangten Endform sich zu nähern, und es werden zunächst durch das Gießen, Schmieden, Treiben, Walzen, Ziehen, Sägen, Pressen usw. rohe Formen hergestellt, welche dann der weiteren Bearbeitung durch Feilen, Drehen, Bohren, Hobeln, Schleifen usw. unterworfen werden. Die Zusammenfügungs- und Verschönerungsarbeiten bilden den Schluß. Nicht selten gehen die Verschönerungsarbeiten der Zusammenfügung voraus, denn in vielen Fällen ist das Ganze aus so mannigfachen und zahlreichen Teilen zusammengesetzt, daß die Einzelteile ganz verschiedener Arbeiten zu ihrer Vollendung (Verschönerung) bedürfen.

Die Teilung der Arbeit ist so vorgeschritten, daß die Werkstätte in den seltensten Fällen ihre Rohmaterialien aus den Händen der Natur bezieht; in der Regel sind die Rohmaterialien die Fabrikate anderer Fabriken. Die Hochöfen liefern Gießereieisen, die Walzwerke Stabeisen, Blech, groben Draht, die Eisenwerke große Schmiedestücke, die Sägewerke, Pfosten und Bretter usw. usw.

Es bedarf ganz spezieller Kenntnisse und Berücksichtigung der eigenen und der örtlichen ökonomischen Verhältnisse, um die Entscheidung zu treffen, von welchen Rohmaterialien oder Halbfabrikaten bei einer speziellen Fabrikation auszugehen ist, welche Arbeiten selbst besorgt, welche von anderen ausgeführt werden sollen. So kann es für manche Maschinenfabriken ökonomisch vorteilhaft sein, die Rohgußstücke zu beziehen und nur deren Modelle selbst zu machen; andere beziehen die Zahnräder, fast alle die Armaturen für Kessel und Dampfmaschinen usw. usw.

Die Vorlesungen gaben einen Überblick über die wichtigsten technologischen Verfahren, aber keine Anleitung für die Herstellung spezieller Fabrikate, diese muß vom Spezialisten andernorts gesucht werden.

Der Maschineningenieur wird in Prof. H. v. Reiche's Werk: „Die Maschinenfabrikation. Entwurf, Kritik, Herstellung und Veranschlagung der gebräuchlichen Maschinenelemente", Leipzig, 1869 und 1871, manche schätzbare Mitteilung und vielfache Anregung finden; ebenso ist das Werk von Ing. K. Specht „Die Massenfabrikation im Maschinenbau" mit einem Anhange über die Arbeiten der Kesselschmiede, mit besonderer Berücksichtigung des hydraulischen Nietverfahrens, Berlin 1891, hervorzuheben. Über den Arbeitsvorgang bei anderen speziellen Fabrikszweigen müssen diesbezügliche Spezialschriften nachgesehen werden und zur Erleichterung dürfte hierbei Abschnitt 3 dieses Anhanges dienen.

2. Bemerkungen über Maschinenpreise, Lieferzeit und Kalkulation.

Den Preis auf die Gewichtseinheit, z. B. auf 100 *kg* der fertigen Ware, zu beziehen ist praktisch und führt am besten zu übersichtlichen Zahlen. Setzt sich auch der Preis aus den Kosten des Materials, dem Arbeitslohne, der Generalregie und dem Gewinne zusammen, so drückt sich doch die Summe der Einzelposten am übersichtlichsten aus, wenn man sie auf die Gewichtseinheit bezieht.

Die nachfolgenden Preise von Werkzeugmaschinen, bezogen auf 100 *kg*, haben ihre Wurzel in dem Kataloge einer der größten deutschen Maschinenfabriken und zeigen die Abhängigkeit des Preises von der Größe (Gesamtgewicht) der Maschine in weit höherem Maße als von der Art der Maschine.

In den Preislisten und Katalogen vieler industrieller Unternehmungen finden sich sehr schätzenswerte Angaben und die Sammlung solcher Veröffentlichungen ist zu empfehlen.

Die jährlichen Reparaturkosten können bei Werkzeugmaschinen zu 3 % des Anschaffungspreises angenommen werden.

Zum Zwecke der Bestimmung der Lieferzeit vieler gleicher zusammengesetzter Fabrikate, z. B. Waggons, ermittelt man die erforderlichen Gewichte für Schmiedearbeit, Holzarbeit usw. und dividiert diese Gewichte durch das Produkt aus Arbeiterzahl der betreffenden Branche mal Leistung pro Mann und Tag ausgedrückt in Gewicht. Man findet dadurch die Zahl der Tage, welche die einzelnen Abteilungen zur Herstellung der Teilstücke benötigen. Die größte Zahl bestimmt das Minimum der möglichen Lieferzeit, welche sich jedoch in der Regel höher stellt, weil für Zusammenfügung (Montage) und Appretur eine erfahrungsmäßige Zeit zugeschlagen werden muß.

Bezüglich der Preis-, Lohn- und Wertbestimmung seien nachstehende Werke genannt:

Anhang.

1. Bemerkungen über die Reihenfolge der Arbeiten bei der Herstellung bestimmter Erzeugnisse.

Die Reihenfolge der Arbeiten, welche bei Erzeugung von Industrieprodukten auf mechanischem Wege einzuhalten ist, ist wegen der Mannigfaltigkeit der Fabrikate und der zu ihrer Herstellung benützten Rohmaterialien überaus verschieden.

Im allgemeinen wird man trachten, schrittweise der verlangten Endform sich zu nähern, und es werden zunächst durch das Gießen, Schmieden, Treiben, Walzen, Ziehen, Sägen, Pressen usw. rohe Formen hergestellt, welche dann der weiteren Bearbeitung durch Feilen, Drehen, Bohren, Hobeln, Schleifen usw. unterworfen werden. Die Zusammenfügungs- und Verschönerungsarbeiten bilden den Schluß. Nicht selten gehen die Verschönerungsarbeiten der Zusammenfügung voraus, denn in vielen Fällen ist das Ganze aus so mannigfachen und zahlreichen Teilen zusammengesetzt, daß die Einzelteile ganz verschiedener Arbeiten zu ihrer Vollendung (Verschönerung) bedürfen.

Die Teilung der Arbeit ist so vorgeschritten, daß die Werkstätte in den seltensten Fällen ihre Rohmaterialien aus den Händen der Natur bezieht; in der Regel sind die Rohmaterialien die Fabrikate anderer Fabriken. Die Hochöfen liefern Gießereieisen, die Walzwerke Stabeisen, Blech, groben Draht, die Eisenwerke große Schmiedestücke, die Sägewerke, Pfosten und Bretter usw. usw.

Es bedarf ganz spezieller Kenntnisse und Berücksichtigung der eigenen und der örtlichen ökonomischen Verhältnisse, um die Entscheidung zu treffen, von welchen Rohmaterialien oder Halbfabrikaten bei einer speziellen Fabrikation auszugehen ist, welche Arbeiten selbst besorgt, welche von anderen ausgeführt werden sollen. So kann es für manche Maschinenfabriken ökonomisch vorteilhaft sein, die Rohgußstücke zu beziehen und nur deren Modelle selbst zu machen; andere beziehen die Zahnräder, fast alle die Armaturen für Kessel und Dampfmaschinen usw. usw.

Die Vorlesungen gaben einen Überblick über die wichtigsten technologischen Verfahren, aber keine Anleitung für die Herstellung spezieller Fabrikate, diese muß vom Spezialisten andernorts gesucht werden.

Der Maschineningenieur wird in Prof. H. v. Reiche's Werk: „Die Maschinenfabrikation. Entwurf, Kritik, Herstellung und Veranschlagung der gebräuchlichen Maschinenelemente", Leipzig, 1869 und 1871, manche schätzbare Mitteilung und vielfache Anregung finden; ebenso ist das Werk von Ing. K. Specht „Die Massenfabrikation im Maschinenbau" mit einem Anhange über die Arbeiten der Kesselschmiede, mit besonderer Berücksichtigung des hydraulischen Nietverfahrens, Berlin 1891, hervorzuheben. Über den Arbeitsvorgang bei anderen speziellen Fabrikszweigen müssen diesbezügliche Spezialschriften nachgesehen werden und zur Erleichterung dürfte hierbei Abschnitt 3 dieses Anhanges dienen.

2. Bemerkungen über Maschinenpreise, Lieferzeit und Kalkulation.

Den Preis auf die Gewichtseinheit, z. B. auf 100 *kg* der fertigen Ware, zu beziehen ist praktisch und führt am besten zu übersichtlichen Zahlen. Setzt sich auch der Preis aus den Kosten des Materials, dem Arbeitslohne, der Generalregie und dem Gewinne zusammen, so drückt sich doch die Summe der Einzelposten am übersichtlichsten aus, wenn man sie auf die Gewichtseinheit bezieht.

Die nachfolgenden Preise von Werkzeugmaschinen, bezogen auf 100 *kg*, haben ihre Wurzel in dem Kataloge einer der größten deutschen Maschinenfabriken und zeigen die Abhängigkeit des Preises von der Größe (Gesamtgewicht) der Maschine in weit höherem Maße als von der Art der Maschine.

In den Preislisten und Katalogen vieler industrieller Unternehmungen finden sich sehr schätzenswerte Angaben und die Sammlung solcher Veröffentlichungen ist zu empfehlen.

Die jährlichen Reparaturkosten können bei Werkzeugmaschinen zu 3% des Anschaffungspreises angenommen werden.

Zum Zwecke der Bestimmung der Lieferzeit vieler gleicher zusammengesetzter Fabrikate, z. B. Waggons, ermittelt man die erforderlichen Gewichte für Schmiedearbeit, Holzarbeit usw. und dividiert diese Gewichte durch das Produkt aus Arbeiterzahl der betreffenden Branche mal Leistung pro Mann und Tag ausgedrückt in Gewicht. Man findet dadurch die Zahl der Tage, welche die einzelnen Abteilungen zur Herstellung der Teilstücke benötigen. Die größte Zahl bestimmt das Minimum der möglichen Lieferzeit, welche sich jedoch in der Regel höher stellt, weil für Zusammenfügung (Montage) und Appretur eine erfahrungsmäßige Zeit zugeschlagen werden muß.

Bezüglich der Preis-, Lohn- und Wertbestimmung seien nachstehende Werke genannt:

Gattung der Werkzeugmaschine	Gesamtgewicht in Meterzentnern = 100 kg	Preis pro 100 kg in Mark
Supportdrehbänke	5	210
	10	130
	26	86
	58	73
Plandrehbänke	114	67
	443	64
Hobelmaschinen	2·5	200
	20	100
	300	50
Stoßmaschinen	7·5	100
	38	75
	180	66
Bohrmaschinen, freistehende	6	100
	60	65
Whitworths Schraubenschneidmaschine	11	100
Fräsmaschinen	2·5	200
	27	130
Lochmaschine und Schere	16	66
Blechbiegemaschine	70	64
Naylor-Dampfhammer	65	90
	440	72
Ventilatoren	0·65	200
	10	80
Spiralbohrer, Schleifapparat	3	200
Hydraulische Presse	8	134
	600	50
Supports, kleine	—	340
Supports, große	—	120

Die Schmiedekosten für 100 *kg* mittelgrober Ware betragen für Brennmaterial etwa 6 *K*, für Schmiedelohn 15 *K*, zusammen demnach 20 bis 22 *K* (1·2 *K* = 1 Mark).

Transmissionen werden pro 100 *kg* zu 70 *K*, Lokomotiven werden pro 100 *kg* zu 134 bis 150 *K* veranschlagt.

Blum: Kalkulation im Maschinenbau, Berlin 1881.

Redl Eug.: Elemente der Organisation und Administration industr. Unternehmungen. Wien, Franz Deuticke, 1900.

Zimmermann, Johanning, von Frankenberg und Stegemann: Betrieb von Fabriken. Teubner. Leipzig 1905.

Haberstroh, Görts, Weidlich und Stegemann: Anlage von Fabriken. Teubner, Leipzig 1907.

Brand Julius: Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle. Berlin, Jul. Springer, 1907.

Lilienthal J.: Fabriksorganisation, Fabriksbuchführung und Selbstkostenberechnung der Firma Lud. Löwe & Ko. Jul. Springer, Berlin 1907.

Die mechanische Technologie als solche hat sich mit ökonomischen Fragen nicht zu beschäftigen, aber an jeden, welcher die mechanische Technologie anwenden will, treten im industriellen Leben sofort ökonomische Fragen heran, deshalb dürften diese wenigen Bemerkungen berechtigt sein.

3. Die Auffindung technologischer Spezialitäten in der Literatur.

Das Gebiet der mechanischen Technologie ist ein so tausendfältig verzweigtes, daß kein Werk dasselbe erschöpfend behandeln kann. Im Leben jedes Technikers wird sich aber das Bedürfnis zeitweise geltend machen, nach dieser oder jener besonderen Richtung sich eingehend zu unterrichten und dann werden die nachfolgenden Andeutungen Gebrauchswert erlangen können.

Die technischen Enzyklopädien, Wörterbücher oder Lexika von Prechtl, Karmarsch-Heeren, III. Aufl. (redigiert von Kick und Gintl), und Lueger werden in vielen Fällen zu allgemeiner Orientierung genügen.

Häufig wird sich das Bedürfnis nach Spezialwerken einstellen, an welchen die technische Literatur sehr reich ist. Hier gibt „Seydel's Führer durch die neuere deutsche technische Literatur“ guten Aufschluß.

Für die deutsche, englische und französische technische Journalliteratur gibt das ausgezeichnete Repertorium der technischen Journalliteratur von Bruno Kerl für die Jahre 1854 bis 1881, von Biedermann für 1882 bis 1885, von Rieth für 1886 bis 1894 und für die folgenden Jahre die Fortsetzung dieses Repertoriums durch das kaiserliche Patentamt in Berlin Aufschluß. Karl Heymann's Verlag, Berlin.

Für viele Fälle wird das Suchen in den Registern von Dingler's polytechn. Journal und jenen der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure genügen.

Für zahlreiche Fälle muß jedoch auf die Hauptquelle, auf die Patentschriften, zurückgegangen werden. Will man diese benützen, so ist es erforderlich, die Klasse zu kennen, in welche das Gesuchte eingereiht wurde. Deutschland, Österreich, England und Amerika veröffentlichen die erteilten Patente.

Im nachfolgenden ist die Einteilung der deutschen Patente nach Klassen angegeben.

Klasse
1. Aufbereitung von Erzen.
2. Bäckerei.
3. Bekleidung.

Klasse
4. Beleuchtung.
5. Bergbau.
6. Bier und Branntwein.

Klasse
7. Blech und Draht.
8. Bleiche.
9. Borstenwaren.
10. Brennstoffe.
11. Buchbinderei.
12. Chemische Apparate.
13. Dampfkessel.
14. Dampfmaschinen.
15. Druckerei.
16. Dünger.
17. Eis.
18. Eisenerzeugung.
19. Eisenbahn- und Straßenbau.
20. Eisenbahnbetrieb.
21. Elektrische Apparate.
22. Farbstoffe.
23. Fettindustrie.
24. Feuerung.
25. Flechtmaschinen.
26. Gasbeleuchtung.
27. Gebläse.
28. Gerberei.
29. Gespinstfasern.
30. Gesundheitspflege.
31. Gießerei.
32. Glas.
33. Reise- und Handgeräte.
34. Hauswirtschaftliche Geräte.
35. Hebezeuge.
36. Heizungsanlagen.
37. Hochbau.
38. Holz.
39. Horn.
40. Hüttenwesen.
41. Hutfabrikation.
42. Instrumente.
43. Korbflechterei.
44. Kurzwaren.
45. Landwirtschaft.
46. Luftmaschinen.
47. Maschinenelemente.
48. Metallbearbeitung, chemische.

Klasse
49. Metallbearbeitung, mechanische.
50. Mühlen.
51. Musikalische Instrumente.
52. Nähmaschinen.
53. Nahrungsmittel.
54. Papiererzeugnisse.
55. Papierfabrikation.
56. Pferdegeschirr.
57. Photographie.
58. Pressen.
59. Pumpen.
60. Regulatoren.
61. Rettungswesen.
62. Salinenwesen.
63. Sattlerei.
64. Schankgeräte.
65. Schiffbau.
66. Schlächterei.
67. Schleifen.
68. Schlosserei.
69. Schneidwerkzeuge.
70. Schreibmaterialien.
71. Schuhwerk.
72. Schußwaffen.
73. Seilerei.
74. Signalwesen.
75. Soda.
76. Spinnerei.
77. Sport.
78. Sprengstoffe.
79. Tabak.
80. Tonwaren.
81. Transport, Verladung.
82. Trockenvorrichtung.
83. Uhren.
84. Wasserbau.
85. Wasserleitungen.
86. Weberei.
87. Werkzeuge.
88. Wind- und Wasserkraftmaschinen.
89. Zuckerfabrikation.

Obwohl die alphabetische Anordnung der Klassen die Auffindung derjenigen Klasse, in welche ein gesuchter Gegenstand fällt, erleichtert, kann doch zuweilen Zweifel eintreten und sind vorkommendenfalls zwei Klassen nachzusehen, z. B. Klasse 1 und 50, oder 24 und 36.

Für den Spezialisten ist es von hervorragendem Werte, daß der klassenweise Bezug der Patentschriften im Abonnement durch das kaiserliche Patentamt in Berlin möglich ist.

Bei dem Studium der Patentschriften hat man sich gegenwärtig zu halten, daß die Beschreibung nicht selten an Klarheit viel zu wünschen übrig läßt, weil das Interesse des Patentbesitzers nicht dahin geht, dem Wettbewerber die Arbeit zu erleichtern. Der

Patentbesitzer wünscht möglichst umfangreichen Schutz gegen Nachahmung, und trachtet letztere nicht selten auch dadurch zu erschweren, daß er schwer verständlich beschreibt. Das Studium der Patentschriften setzt daher bedeutende Spezialkenntnisse und Geduld voraus; es ist nur dem Fachmanne zu empfehlen, für diesen aber oft unentbehrlich.

4. Die Formulierung von Patentansprüchen.

Unter die Aufgaben, welche der Techniker nicht selten zu lösen berufen ist, gehört auch die Verfassung von Patent- oder Privilegienbeschreibungen, als deren wesentlichster Teil die Formulierung des Patentanspruches zu bezeichnen ist.

Bei allen Arbeiten formaler Natur fühlt sich der Techniker in der Regel befangen; die Erkenntnis einer Sache ist ihm weit interessanter, als die formal richtige, kurzgefaßte, sprachliche Wiedergabe dieser Erkenntnis, die Definition; und doch, bei Formulierung eines Patentanspruches muß er definieren oder soll es wenigstens.

Man definiert einen Begriff durch die sprachliche, zusammenfassende Kennzeichnung der wesentlichen Merkmale des Begriffes. Dies für ein körperliches Gebilde (z. B. Maschine) oder für einen zeitlichen Vorgang (z. B. Verfahren) richtig zu tun, damit befaßt sich eingehend das Werk Dr. Ernst Hartig's „Studien in der Praxis des kaiserlichen Patentamtes“, Leipzig 1890.

Im nachfolgenden gebe ich in gedrängter Form wesentliche, dieses Werk beherrschende Ideen. (S. Technische Blätter, Jahrg. 1890.)

Will man definieren, so muß man zuvörderst die wesentlichen Merkmale des zu definierenden Begriffes erkennen, den Begriff geistig durchschauen.

Ist der Begriff ein Sachbegriff, z. B. eine Maschine, so besteht derselbe aus Teilen und in der richtigen Zusammenfügung bilden diese Teile den Sachbegriff — die Maschine.

Die Teile oder Teilstücke können Merkmale, ja selbst wesentliche Merkmale des Begriffes sein, aber nicht alle Merkmale müssen Teilstücken entsprechen.

Ein ganz wesentliches Merkmal einer Feder ist ihre Elastizität, aber die Elastizität ist kein Teilstück.

Ein ganz wesentliches Merkmal der Lokomotive ist es, daß die Reibung zwischen Triebrad und Unterlage die Fortbewegung der Lokomotive bedingt, und diese Reibung ist kein Teilstück.

Wollte man die Lokomotive so definieren, daß man sagt: Lokomotive ist ein Wagen, auf welchem Feuerung, Kessel und Dampfmaschine derart angebracht sind, daß hierdurch Wärme in Arbeit umgesetzt werden kann, so wären in dieser Definition wohl alle Lokomotiven enthalten, aber auch alle Lokomobilen, überhaupt alle auf ein Wagengestelle gesetzten, aus der Verbindung von Feuerung, Kessel und Dampfmaschine bestehenden Maschinen, z. B. auch die Dampfspritzen, manche Dampfkrane u. a.

Gewiß sind Feuerung, Kessel und Dampfmaschine wesentliche Teilstücke der gebräuchlichen Lokomotive; man kann sie als Merkmale der Lokomotive bezeichnen, aber sie sind nicht die einzigen und nicht die wichtigsten Merkmale.

Würde statt einer Dampfmaschine eine Gasmaschine zum Antriebe der Lokomotive verwendet, so brauchte die so resultierende Maschine, wenn sie demselben Zwecke dient und diesen Zweck gleichfalls durch Vermittlung der kinematischen Reibung ihrer Triebräder oder durch Zahneingriff erreicht, keinen andern Namen zu erhalten. Auch diese Maschine, obwohl ihr Feuerung, Kessel und Dampfmaschine fehlt, kann Lokomotive genannt werden, ja fällt in den Begriff dieses Wortes. Die Definition müßte aber eine wesentlich andere werden, als sie oben war.

Lokomotive ist eine fahrbare Maschine, welche die Bewegung lebloser, als Teilstücke an ihr angebrachter Motoren durch Betätigung mindestens eines Triebrades in

eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann.

In dieser Definition sind auch die Berg- und Straßenlokomotiven eingeschlossen; Lokomobilen jedoch ausgeschlossen.

Derjenige, welcher nur diese Definition kennt und noch keine Lokomotive sah, wird sich gewiß keine solche Vorstellung bilden können, welche mit der gewöhnlichen Lokomotive übereinstimmt; aber er wird bestimmte Anhaltspunkte gewonnen haben, vorkommendenfalls eine Lokomotive als solche bestimmt zu erkennen, hingegen eine Lokomobile oder eine Dampfspritze als nicht zu den Lokomotiven gehörig zu bezeichnen.

Die Definition enthält die charakteristischen Merkmale des zu Definierenden, läßt hingegen die nicht wesentlichen Merkmale absichtlich beiseite. Insofern ist eine Definition im gewissen Sinne belehrender als eine Beschreibung, weil sie sofort allein nur das zur Abgrenzung des Begriffes Wesentliche behandelt. Eine Beschreibung kann es schwer vermeiden, auch unwesentliche, aber zum Baue des Ganzen erforderliche Teile zu erläutern. Je mehr die Beschreibung einer Maschine von dem Zwecke derselben ausgehend, die Maschine für diesen Zweck gleichsam entstehen läßt, indem sie zuerst die zur Zweckerreichung unmittelbar erforderlichen Teile, hierauf erst die zur Gestaltung dieser Teile, zu deren entsprechender Bewegung und zur Feststellung des Ganzen erforderlichen Nebenteile erörtert, um so vollkommener wird die Beschreibung; denn um so leichter wird der geistige Gehalt der Sache erkennbar. Eine solche Beschreibung ist geistig mit der Definition verwandt; aber in einem Streitfalle bildet sie doch darum keine formal sichere Entscheidungsgrundlage, weil hierfür die Scheidung des Wesentlichen und Unwesentlichen fehlt, demnach dem subjektiven Ermessen des Urteilenden überlassen ist.

Es gibt Maschinenbeschreibungen, welche, vom Gestelle ausgehend, rein körperlich bis zur Beschreibung des kleinsten Details fortschreitend verfahren, so daß der Leser erst nach der ermüdenden Kenntnisnahme aller körperlichen Einzelheiten zur Kenntnis der Arbeitsweise — des Zweckes — gelangt. Solche Beschreibungen sind verfehlt; man soll vom Gedanken zur Ausführung, nicht aber vom Gestelle durch alle Achsen, Hebel, Räder, Keile und Schrauben endlich erst zum Gedanken geführt werden.

Ebenso verfehlt sind jene Patentbeschreibungen, welche in gleicher Weise die rein körperliche Beschreibung der Erfindung geben und schließlich in den Patentanspruch ausklingen: „Eine Maschine zum Zwecke (oder der Gattung) x, wie oben beschrieben."

Fragt man sich nun, was ist denn durch das Patent geschützt? so muß die Antwort wohl lauten: Geschützt ist die Maschine zum Zwecke x, wie selbe in der Patentbeschreibung beschrieben ist. Daraus aber folgt, daß eine Maschine für denselben Zweck x, wenn sie nicht so, nicht genau so gebaut ist „wie beschrieben", streng genommen auch nicht mehr geschützt sein kann.

Wie leicht ist es, ein solches Patent zu umgehen! Wie leicht ist es, einen oder mehrere nicht zum Wesen der Sache gehörige Teile anders zu wählen, ja die Form selbst ganz gewaltig zu ändern, ohne am Kern der Sache zu rühren. Den Patentumgehungen ist Tür und Tor geöffnet und den Patentstreiten auch.

Verwandt, aber in der Form noch verfehlter sind jene amerikanischen Patentbeschreibungen, welche nach der rein körperlichen Beschreibung der Erfindung ausklingen in den Patentspruch: Eine Maschine zum Zwecke x, bestehend aus den Teilen A, B, C, D, E, F, G usw., wie oben beschrieben und die Verbindungen dieser Teile, und zwar: $ABCDEF$, $ABCDEG$, $ABCDFG$, ... $BCDEFG$, $ABCDE$, $ABCDG$, ... $CDEFG$ usw., also Dutzende, ja Hunderte von Kombinationen dieser Teile.

Diese Patentansprüche machen wohl die Patentumgehung schwieriger, dafür bieten sie aber dem Prozeßlustigen eine bequeme Handhabe, denn es kann sich bei verwandten Maschinen leicht eine finden lassen, welche zu ähnlichem Zwecke eine der patentierten Kombinationen der Teile, z. B. die Kombination $DEFGH$ enthält.

Für das technische Studium sind solche Patente höchst peinlich, für den Streitfall sind sie es nicht minder. Der Spitzfindigkeit öffnet sich ein weites Feld.

Die angeführten Verirrungen lassen sich darauf zurückführen, daß der zu beschreibende, beziehungsweise zu patentierende Gegenstand lediglich als Konglomerat von Teilstücken aufgefaßt wird, als eine Summe substantiver Begriffe, welche alle anzuführen für nötig gehalten wird.

Dadurch wird, wie Hartig hervorhebt, übersehen, daß gerade solche Merkmale, die nicht einem abtrennbaren Teilstücke, einer im Umfange des Begriffes liegenden Einzelform entsprechen, z. B. der Arbeitsprozeß einer Werkmaschine, die bedeutungsvolleren sind, welche dem Denkfähigen den eigentlichen Sinn des Gegenstandes aufhellen und ohne Schädigung der logischen Bestimmtheit den Allgemeinheitsgrad erhöhen, also die Tragweite (Umfang) des Patentes vergrößern.

Es gilt, bei einer Beschreibung wie bei einem Patentanspruche die technologische oder die technische Einheit des Begriffes klarzulegen, nicht aber zu verhüllen.

Klingt die Patentbeschreibung in einen Anspruch aus, welcher als Definition den Kern der Sache enthält, dann wird in Streitfällen die Entscheidung leicht sein. Der Anspruch wird um so umfassender sein, je weiter die Begriffsbestimmung gehalten ist, was durch wenige, aber charakteristische Merkmale zu geschehen hat. Je mehr Merkmale in die Definition aufgenommen werden, um so beschränkter wird der Umfang des Anspruches, um so leichter ist es anderen möglich, außerhalb des geschützten Gebietes den gleichen Zweck durch andere Mittel zu erreichen.

Wäre z. B. in der oben gegebenen Definition der Lokomotive, lautend: Die Lokomotive ist eine fahrbare Maschine, welche die Bewegung lebloser, als Teilstücke an ihr angebrachter Motoren durch Betätigung mindestens eines Triebrades in eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann — statt der Worte „durch Betätigung mindestens eines Triebrades" gesetzt worden „durch Vermittlung der Pleuelstangen und mindestens eines Paares von Triebrädern", so würden manche Lokomotiven für Zahnradbahnen und die Straßenlokomotiven ausgeschlossen sein.

Würde die Definition lauten: Die Lokomotive ist eine fahrbare Maschine, welche die Bewegung einer auf ihr als Teilstück angebrachten Zwillingsdampfmaschine durch Betätigung mindestens eines Triebräderpaares in eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann, so wären alle jene Lokomotiven ausgeschlossen, welche mehr als zwei Dampfzylinder verwenden.

Es liegt in den Worten Hartig's: „Je mehr die Definition mit Aufzählung gestaltlicher Einzelteile sich belastet, um so größere Schwierigkeiten bereitet sie unserer Erkenntnis des wahren Wesens der mit ihr getroffenen Dinge" eine beachtenswerte Wahrheit.

Zugleich gilt der Satz: Je mehr der Patentanspruch mit Aufzählung gestaltlicher Einzelteile sich belastet, um so beschränkter wird der Umfang des Anspruches.

Die außerordentlich mühevolle und schwierige Vorprüfung der Patentgesuche sieht mit Recht darauf, den Umfang eines Patentes nicht allzuweit zu erstrecken, um den Fortschritt nicht zu hemmen. Das allgemeine Interesse ist dem Erfinderinteresse gegenüberstehend und hier gilt es eine sinnrichtige, wenn auch schwierige Vereinbarung zu treffen.

Rein konstruktive Varianten bekannter Dinge, welchen kein definierbarer neuer Gedanke oder keine wesentlich günstigere Erreichung des Zweckes zugrunde liegt, verdienen keinen Patentschutz; ja derartige patentierte konstruktive Varianten hemmen nur die freie Tätigkeit des Konstrukteurs, welcher bei seinen Arbeiten stets in der Sorge sein muß, mit irgendwelchen Patentansprüchen in Konflikt zu geraten.

Soll und muß auch das Patent in einen klar definierten Patentanspruch ausklingen, so darf doch anderseits die klare, auf wirklicher Formgebung begründete Beschreibung nicht fehlen.

Das Patent wird dem Erfinder nicht nur erteilt, um das Erfinden zu lohnen, sondern wesentlich auch darum, den Fortschritt durch öffentliche Bekanntmachung der Erfindung,

eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann.

In dieser Definition sind auch die Berg- und Straßenlokomotiven eingeschlossen; Lokomobilen jedoch ausgeschlossen.

Derjenige, welcher nur diese Definition kennt und noch keine Lokomotive sah, wird sich gewiß keine solche Vorstellung bilden können, welche mit der gewöhnlichen Lokomotive übereinstimmt; aber er wird bestimmte Anhaltspunkte gewonnen haben, vorkommendenfalls eine Lokomotive als solche bestimmt zu erkennen, hingegen eine Lokomobile oder eine Dampfspritze als nicht zu den Lokomotiven gehörig zu bezeichnen.

Die Definition enthält die charakteristischen Merkmale des zu Definierenden, läßt hingegen die nicht wesentlichen Merkmale absichtlich beiseite. Insofern ist eine Definition im gewissen Sinne belehrender als eine Beschreibung, weil sie sofort allein nur das zur Abgrenzung des Begriffes Wesentliche behandelt. Eine Beschreibung kann es schwer vermeiden, auch unwesentliche, aber zum Baue des Ganzen erforderliche Teile zu erläutern. Je mehr die Beschreibung einer Maschine von dem Zwecke derselben ausgehend, die Maschine für diesen Zweck gleichsam entstehen läßt, indem sie zuerst die zur Zweckerreichung unmittelbar erforderlichen Teile, hierauf erst die zur Gestaltung dieser Teile, zu deren entsprechender Bewegung und zur Feststellung des Ganzen erforderlichen Nebenteile erörtert, um so vollkommener wird die Beschreibung; denn um so leichter wird der geistige Gehalt der Sache erkennbar. Eine solche Beschreibung ist geistig mit der Definition verwandt; aber in einem Streitfalle bildet sie doch darum keine formal sichere Entscheidungsgrundlage, weil hierfür die Scheidung des Wesentlichen und Unwesentlichen fehlt, demnach dem subjektiven Ermessen des Urteilenden überlassen ist.

Es gibt Maschinenbeschreibungen, welche, vom Gestelle ausgehend, rein körperlich bis zur Beschreibung des kleinsten Details fortschreitend verfahren, so daß der Leser erst nach der ermüdenden Kenntnisnahme aller körperlichen Einzelheiten zur Kenntnis der Arbeitsweise — des Zweckes — gelangt. Solche Beschreibungen sind verfehlt; man soll vom Gedanken zur Ausführung, nicht aber vom Gestelle durch alle Achsen, Hebel, Räder, Keile und Schrauben endlich erst zum Gedanken geführt werden.

Ebenso verfehlt sind jene Patentbeschreibungen, welche in gleicher Weise die rein körperliche Beschreibung der Erfindung geben und schließlich in den Patentanspruch ausklingen: „Eine Maschine zum Zwecke (oder der Gattung) x, wie oben beschrieben."

Fragt man sich nun, was ist denn durch das Patent geschützt? so muß die Antwort wohl lauten: Geschützt ist die Maschine zum Zwecke x, wie selbe in der Patentbeschreibung beschrieben ist. Daraus aber folgt, daß eine Maschine für denselben Zweck x, wenn sie nicht so, nicht genau so gebaut ist „wie beschrieben", streng genommen auch nicht mehr geschützt sein kann.

Wie leicht ist es, ein solches Patent zu umgehen! Wie leicht ist es, einen oder mehrere nicht zum Wesen der Sache gehörige Teile anders zu wählen, ja die Form selbst ganz gewaltig zu ändern, ohne am Kern der Sache zu rühren. Den Patentumgehungen ist Tür und Tor geöffnet und den Patentstreiten auch.

Verwandt, aber in der Form noch verfehlter sind jene amerikanischen Patentbeschreibungen, welche nach der rein körperlichen Beschreibung der Erfindung ausklingen in den Patentspruch: Eine Maschine zum Zwecke x, bestehend aus den Teilen A, B, C, D, E, F, G usw., wie oben beschrieben und die Verbindungen dieser Teile, und zwar: $ABCDEF$, $ABCDEG$, $ABCDFG$, ... $BCDEFG$, $ABCDE$, $ABCDG$, ... $CDEFG$ usw., also Dutzende, ja Hunderte von Kombinationen dieser Teile.

Diese Patentansprüche machen wohl die Patentumgehung schwieriger, dafür bieten sie aber dem Prozeßlustigen eine bequeme Handhabe, denn es kann sich bei verwandten Maschinen leicht eine finden lassen, welche zu ähnlichem Zwecke eine der patentierten Kombinationen der Teile, z. B. die Kombination $DEFGH$ enthält.

Für das technische Studium sind solche Patente höchst peinlich, für den Streitfall sind sie es nicht minder. Der Spitzfindigkeit öffnet sich ein weites Feld.

Die angeführten Verirrungen lassen sich darauf zurückführen, daß der zu beschreibende, beziehungsweise zu patentierende Gegenstand lediglich als Konglomerat von Teilstücken aufgefaßt wird, als eine Summe substantiver Begriffe, welche alle anzuführen für nötig gehalten wird.

Dadurch wird, wie Hartig hervorhebt, übersehen, daß gerade solche Merkmale, die nicht einem abtrennbaren Teilstücke, einer im Umfange des Begriffes liegenden Einzelform entsprechen, z. B. der Arbeitsprozeß einer Werkmaschine, die bedeutungsvolleren sind, welche dem Denkfähigen den eigentlichen Sinn des Gegenstandes aufhellen und ohne Schädigung der logischen Bestimmtheit den Allgemeinheitsgrad erhöhen, also die Tragweite (Umfang) des Patentes vergrößern.

Es gilt, bei einer Beschreibung wie bei einem Patentanspruche die technologische oder die technische Einheit des Begriffes klarzulegen, nicht aber zu verhüllen.

Klingt die Patentbeschreibung in einen Anspruch aus, welcher als Definition den Kern der Sache enthält, dann wird in Streitfällen die Entscheidung leicht sein. Der Anspruch wird um so umfassender sein, je weiter die Begriffsbestimmung gehalten ist, was durch wenige, aber charakteristische Merkmale zu geschehen hat. Je mehr Merkmale in die Definition aufgenommen werden, um so beschränkter wird der Umfang des Anspruches, um so leichter ist es anderen möglich, außerhalb des geschützten Gebietes den gleichen Zweck durch andere Mittel zu erreichen.

Wäre z. B. in der oben gegebenen Definition der Lokomotive, lautend: Die Lokomotive ist eine fahrbare Maschine, welche die Bewegung lebloser, als Teilstücke an ihr angebrachter Motoren durch Betätigung mindestens eines Triebrades in eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann — statt der Worte „durch Betätigung mindestens eines Triebrades“ gesetzt worden „durch Vermittlung der Pleuelstangen und mindestens eines Paares von Triebrädern“, so würden manche Lokomotiven für Zahnradbahnen und die Straßenlokomotiven ausgeschlossen sein.

Würde die Definition lauten: Die Lokomotive ist eine fahrbare Maschine, welche die Bewegung einer auf ihr als Teilstück angebrachten Zwillingsdampfmaschine durch Betätigung mindestens eines Triebräderpaares in eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann, so wären alle jene Lokomotiven ausgeschlossen, welche mehr als zwei Dampfzylinder verwenden.

Es liegt in den Worten Hartig's: „Je mehr die Definition mit Aufzählung gestaltlicher Einzelteile sich belastet, um so größere Schwierigkeiten bereitet sie unserer Erkenntnis des wahren Wesens der mit ihr getroffenen Dinge“ eine beachtenswerte Wahrheit.

Zugleich gilt der Satz: Je mehr der Patentanspruch mit Aufzählung gestaltlicher Einzelteile sich belastet, um so beschränkter wird der Umfang des Anspruches.

Die außerordentlich mühevolle und schwierige Vorprüfung der Patentgesuche sieht mit Recht darauf, den Umfang eines Patentes nicht allzuweit zu erstrecken, um den Fortschritt nicht zu hemmen. Das allgemeine Interesse ist dem Erfinderinteresse gegenüberstehend und hier gilt es eine sinnrichtige, wenn auch schwierige Vereinbarung zu treffen.

Rein konstruktive Varianten bekannter Dinge, welchen kein definierbarer neuer Gedanke oder keine wesentlich günstigere Erreichung des Zweckes zugrunde liegt, verdienen keinen Patentschutz; ja derartige patentierte konstruktive Varianten hemmen nur die freie Tätigkeit des Konstrukteurs, welcher bei seinen Arbeiten stets in der Sorge sein muß, mit irgendwelchen Patentansprüchen in Konflikt zu geraten.

Soll und muß auch das Patent in einen klar definierten Patentanspruch ausklingen, so darf doch anderseits die klare, auf wirklicher Formgebung begründete Beschreibung nicht fehlen.

Das Patent wird dem Erfinder nicht nur erteilt, um das Erfinden zu lohnen, sondern wesentlich auch darum, den Fortschritt durch öffentliche Bekanntmachung der Erfindung,

welche nach dem Ablaufe des Patentes ausgenützt werden kann, zu fördern. Aufrichtige Veröffentlichung ist daher die Gegenleistung des Erfinders für das Patent und seine Pflicht, auf deren Erfüllung stets zu dringen wäre.

Die richtige Definition eines Begriffes setzt die Aufsuchung seiner wesentlichen Merkmale voraus, aber durchaus nicht die Aufsuchung aller Merkmale von Bedeutung. Wichtige Merkmale, welche nicht allen Objekten zukommen, die unter einen Begriff fallen, können zu Zwecken einer Einteilung, Systematisierung des Begriffes verwendet werden.

Gerade dieser Teil des Hartig'schen Werkes hat eine weit über die Formulierung der Patentansprüche hinausgehende Bedeutung, er ist von hohem wissenschaftlichen und technischen Werte, wie sofort aus dem folgenden Beispiele erkannt werden kann.

Die Einteilung der Tonwaren, welche bisher noch nicht in befriedigender Weise geschehen war, unternahm Hartig auf Grund weniger, aber charakteristischer Merkmale, wie wir glauben in unanfechtbarer Weise.

Die Grundmasse der Tonware kann mit Glasur überzogen werden oder nicht. Hierbei treten zwei substantivische Begriffe, Ton und Glas, in Beziehung.

Die Grundmasse kann ferner wasserdicht oder nicht wasserdicht sein. Bezeichnet man alle jene Tonwaren als dicht, bei welchen ein auf die Bruchfläche gebrachter Wassertropfen nicht früher verschwindet, als es durch die Verdunstung allein geschehen würde, und als undicht diejenigen, bei denen die Zeit des Verschwindens eines auf die Bruchfläche gebrachten Wassertropfens kleiner ist, als die Zeit der Verdunstung sein würde; so sind die adjektivischen Begriffe dicht und undicht klar gelegt, und es kann vorkommendenfalls das Vorhandensein der einen oder der anderen Eigenschaft mit Bestimmtheit ermittelt werden.

Als ein weiteres wichtiges Merkmal gilt bei den Keramikern die Farbe der Grundmasse oder des Bruches; insbesondere die weiße Farbe einerseits (wobei leichte Abweichungen ins Gelbliche und ins Bläuliche nicht berücksichtigt werden, so wie z. B. gebleichte Leinenware mit einem Stiche ins Gelbe oder Blaue doch als weiß bezeichnet wird) und die nicht weiße (gefärbte) anderseits. Daher sind auch diese adjektivischen Begriffe — weiß oder nicht weiß, farbig, — unterscheidende Merkmale.

Ähnlich der Glasur, dem Glase, tritt auch die Lackierung, der Lack, als substantivischer Begriff mit der Tonware in Beziehung, doch nicht so mannigfach, denn es werden nur undichte Tonwaren lackiert.

Mit Berücksichtigung der Merkmale: glasiert, nicht glasiert — lackiert, nicht lackiert — dicht, undicht — weiß, gefärbt — lassen sich die Tonwaren in nachstehende neun Gruppen einteilen, für welche Hartig die in Klammer beigefügten Bezeichnungen in Vorschlag bringt:

1. Unglasierte, undichte und farbiggebrannte Tonwaren z. B. Mauerziegel, Drainröhren, Terrakotten (Irdenware).
2. Unglasierte, undichte, farbiggebrannte aber lackierte, Tonware — Siderolit, mit Lackfarben bemalte Terrakotten (Lackware).
3. Unglasierte, undichte, weißgebrannte Tonwaren, z. B. Kölner Tonpfeifen, Tonzellen für galvanische Elemente (Verglühgut).
4. Glasierte, undichte, farbiggebrannte Tonwaren, z. B. glasierte Töpferware, Delfter Ware, Fayence, Majolika (Schmelzware).
5. Glasierte, undichte, weißgebrannte Tonware (Steingut).
6. Unglasierte, dichte, farbiggebrannte Tonware, z. B. Klinker, Wedgwood, Chromolit (Klinkerware).
7. Glasierte, dichte, farbiggebrannte Tonware, z. B. glasiertes Steinzeug (Steinzeug).
8. Unglasierte, dichte, weißgebrannte Tonwaren (Biskuitporzellan).
9. Glasierte, dichte, weißgebrannte Tonware (Glasurporzellan).

Mehr Gruppen, welche auf den erwähnten, zur Grundlage der Einteilung genommenen Merkmalen beruhen würden, gibt es nicht, weil einerseits derzeit die Anwendung von

Lackierung nur auf undichte Tonwaren farbiger Grundmasse üblich ist, anderseits Kombinationen kontradiktorischer Begriffe als dicht und undicht, glasiert und unglasiert, weiß und farbig ausgeschlossen sind.

Die gemachte Einteilung läßt sich auch graphisch dem Verständnisse nahelegen. Bezeichnet man den substantivischen Begriff Tonware durch einen Kreis, so daß alle innerhalb der Kreislinie liegenden Punkte die sämtlichen Tonwaren repräsentieren und durch einen zweiten, den ersten schneidenden Kreis sämtliche Glasmassen, so kann das Bogenzweieck, dessen Punkte beiden Kreisen angehören, die Verbindung von Ton und Glas, d. h. die glasierte Tonware vorstellen.

Bezeichnet ein Kreis abermals den substantivischen Begriff Tonware, so kann dieser Kreis durch eine Gerade in zwei Teile geteilt werden, und es kann der eine Teil die undichten, der zweite Teil die dichten Tonwaren bedeuten. Ganz ebenso kann durch eine zweite Gerade, entsprechend den adjektivischen Begriffen weiß und gefärbt, die Teilung des Kreises erfolgen.

Für den substantivischen Begriff Lack wird man ebenfalls einen Kreis verwenden können, doch derselbe darf den Kreis für die Tonwaren nur in jenem Teile übergreifen, welcher der farbigen und undichten Tonware entspricht, weil andere Tonwaren nicht lackiert werden.

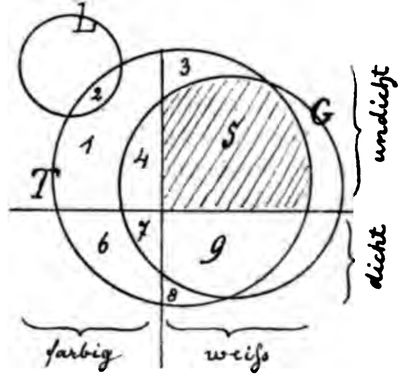


Abb. 707.

Durch Zusammenzeichnen dieser bildlichen Darstellungen erhält man Abb. 707. Aus derselben ist ersichtlich, daß der Kreis T durch die Kreise G und L und die beiden Geraden in neun Teile geteilt ist. Jeder Teil oder jedes Feld entspricht einer gewissen Tonwarengruppe.

Die Felder 1, 3, 6 und 8 entsprechen den nicht glasierten und nicht lackierten Tonwaren, denn sie liegen außerhalb des Kreises G (Glas) und außerhalb des Kreises L (Lack).

Die Felder 4, 5, 7, 9 entsprechen den glasierten Tonwaren. Alle oberhalb der horizontalen Linie liegenden Felder entsprechen den undichten Tonwaren, die unterhalb liegenden den dichten.

Die Felder sind mit denselben Ziffern bezeichnet, welche oben bei der Einteilung der Tonwaren die Gruppen numerierten. An einem Felde, z. B. dem Felde 4 sei der Vergleich durchgeführt. Alle Punkte dieses Feldes entsprechen glasierter, undichter farbiggebrannter Tonware, denn sie liegen innerhalb T und G über der horizontalen Geraden und links von der vertikalen Geraden.

Derlei graphische Betrachtungen erleichtern die Übersicht und verhindern das Übersehen einer Kombination.

Der Wert folgerichtiger Anwendung wohlbekannter Merkmale ist an diesem Beispiele (der Klassifikation der Tonwaren) schön ersichtlich.

Wären die ersten acht Gruppen bereits bekannt, die letzte, das Glasurporzellan aber noch nicht, dann könnte der Patentanspruch lauten: Eine Tonware mit dichter, weißgebrannter Grundmasse, versehen mit Glasur. Natürlich müßte die Patentbeschreibung über die Herstellung dieses Fabrikates Aufschluß geben, aber für den Erfinder würde es nicht nur genügen, den Anspruch in obiger Weise kurz zu fassen, sondern es hätte gerade die Kürze und Bestimmtheit des Anspruches den großen Wert, eine Umgehung desselben und dadurch des Patentschutzes hintanzuhalten.

Mit Hartig wird wohl jeder Techniker darin übereinstimmen, „daß die Kunstsprache einer Wissenschaft außerstande ist, dem allgemeinen, oftmals systemlos verfahrenden Sprachgebrauche bis in alle Zufälligkeiten zu folgen“, es muß also Aufgabe der Wissenschaft sein, für die Worte des Sprachgebrauches, unter tunlichstem Anschlusse an denselben, Begriffsbestimmungen (Definitionen) festzustellen, ohne davor zurückzuschrecken, eventuell auch mit dem Sprachgebrauche in Widerspruch zu kommen.

Für die Definition zahlreicher technischer Erfindungen ist es nötig zu wissen, ob die zu definierende Erfindung ein Werkzeug oder eine Maschine oder ein Instrument usw. ist; die Festlegung dieser Grundbegriffe ist daher nötig.

Hartig stellt folgende Definitionen auf, betreffs deren Begründung auf sein Werk verwiesen werden muß:

W e r k z e u g ist ein körperliches Gebilde, welches an einem andern Körper (Werkstoff, Werkstück), denselben berührend, dessen Gebrauchswert unter Umsetzung mechanischer Arbeit abändern hilft, ohne hierbei im Werkstücke selbst aufzugehen oder auf andere Art zu fortgesetzter Betätigung unfähig zu werden (z. B. Messer, Meißel, Axt usw.).

T r i e b z e u g ist ein lebloses körperliches Gebilde, welches von einem dasselbe berührenden, überflüssig energiebegabten andern Körper mechanische Arbeit unter Ausführung solcher Bewegungen empfängt, die zur Betätigung eines Werkzeuges geeignet und bestimmt sind (z. B. das Fäustel, der Bohrbogen usw.).

Die beiden Begriffe Werkzeug und Triebzeug übergreifen sich mannigfach. Ein Werkzeug kann als Triebzeug gebraucht werden, z. B. der Hammer zur Betätigung eines Meißels, oder ein Werkzeug kann gleichzeitig Triebzeug sein, denn es besteht aus dem eigentlichen Werkzeuge und der dasselbe leitenden Fassung (Triebzeug), so der Hobel aus dem Eisen und dem Hobelkasten.

Die Sonderung der beiden Begriffe Werkzeug und Triebzeug empfiehlt sich aber doch, denn sie liefert größere Klarheit. Es ginge nicht wohl an, Dinge, wie den Bohr- oder Fiedelbogen als Werkzeug zu bezeichnen.

M e c h a n i s m u s ist ein künstliches, körperliches Gebilde, welches innere[1]) Bewegungen zuläßt, die vermöge der Gestalt und Widerstandsfähigkeit sich berührender, ihm selbst ausschließlich angehöriger Oberflächen eindeutig beschränkt sind.

L e e r l a u f ist derjenige Tätigkeitszustand eines Mechanismus, bei welchem die eingeführte mechanische Arbeit durch die inneren Bewegungswiderstände aufgezehrt wird.

---

[1]) Statt der Worte „innere Bewegungen“ dürften sich die Worte „Relativbewegungen seiner Teile“ empfehlen, weil der Physiker mit inneren Bewegungen ganz andere Vorstellungen verknüpft.

Arbeitsgang ist derjenige Tätigkeitszustand eines Mechanismus, bei welchem von der eingeleiteten mechanischen Arbeit ein Überschuß zu weiterer Verwendung nach außen abgegeben wird.

Von Hartig etwas abweichend füge ich bei:

Getriebe ist ein Mechanismus bestimmt für den Leergang.

Maschine ist ein Mechanismus bestimmt für den Arbeitsgang.

Das eingehende Studium des Hartig'schen Werkes kann jedem Techniker aufs wärmste empfohlen werden.

Nachtrag.

Zu den Literaturangaben Seite 508 sei beigefügt:

Bethmann Hugo: Sägegatter und Hilfsmaschinen der Sägewerke, Leipzig, Carl Scholtze. 1907.

Zu der auf Seite 550 gegebenen Besprechung der Grundbohrer sei in Abb. 708 deren Darstellung nachgetragen, und zwar einerseits in der

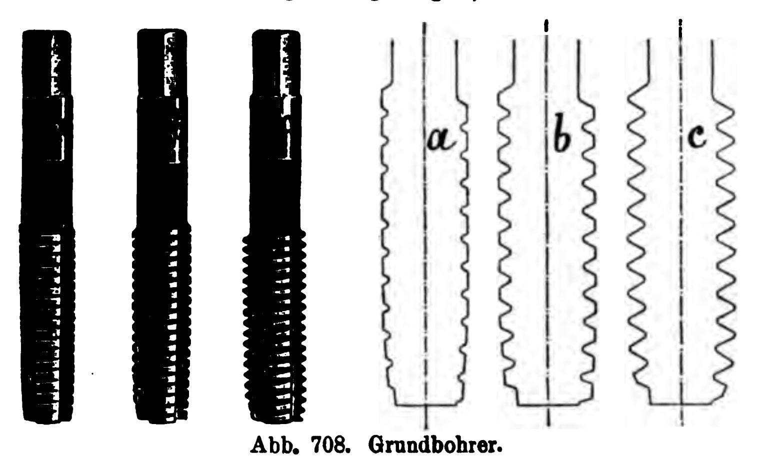


Abb. 708. Grundbohrer.

Ansicht, anderseits im vergrößerten Schnitte der verzahnten Teile dieser Werkzeuge.

Vergleichende Versuche mit Bohrern aus Schnelldrehstahl und Kohlenstoffstahl.

Das Ergebnis dieser in den Werkstätten der Kaiser Ferdinands-Nordbahn in Wien (Floridsdorf) vor kurzem durchgeführten Versuche läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß den aus Schnelldrehstahl hergestellten Bohrern 10fach größere Schneidhältigkeit bei ungefähr $^1/_4$ der Arbeitszeit zukam.

Es wurden in Flußeisen von der Zugfestigkeit von 40—50 *kg* pro 1 *mm*² bis zum Stumpfwerden des Schnelldrehstahl-Bohrers 100 Löcher zu 60 *mm* Tiefe und 39·5 *mm* Durchmesser erbohrt. Umdrehungszahl 160 und minutlicher Vorschub 18·5 *mm*. Bohrzeit für ein Loch 3·25 Minuten. Bohrer aus gutem Kohlenstoffstahl erforderten 11—13 Minuten Bohrzeit und mußten nach jedem 6. bis 9. Loche nachgeschliffen werden.

Register.

Manche Worte sind sowohl nach der neuen als auch der älteren Schreibweise gegeben.

C.

D.

E.

T.

U.

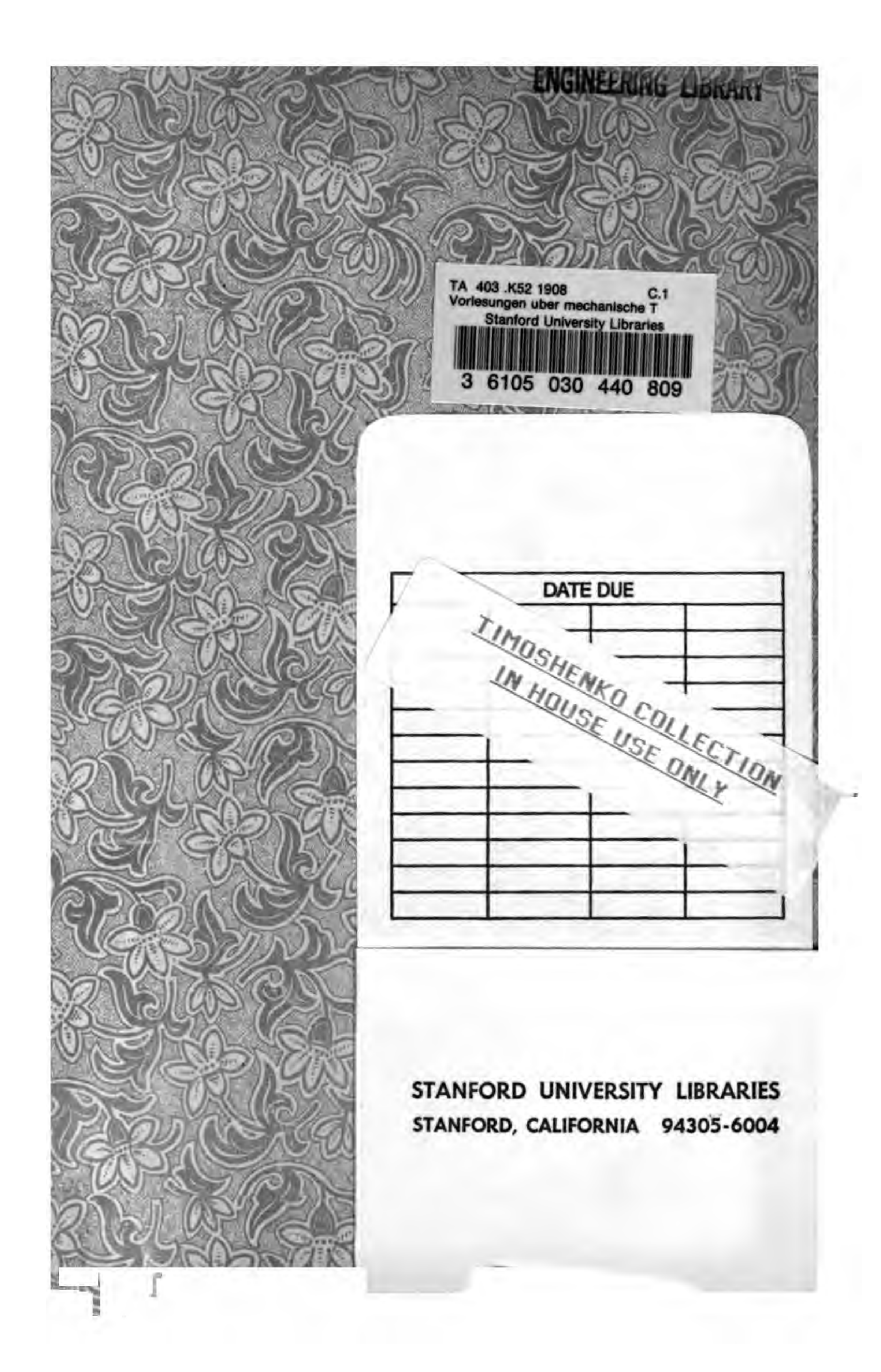
V.

W.

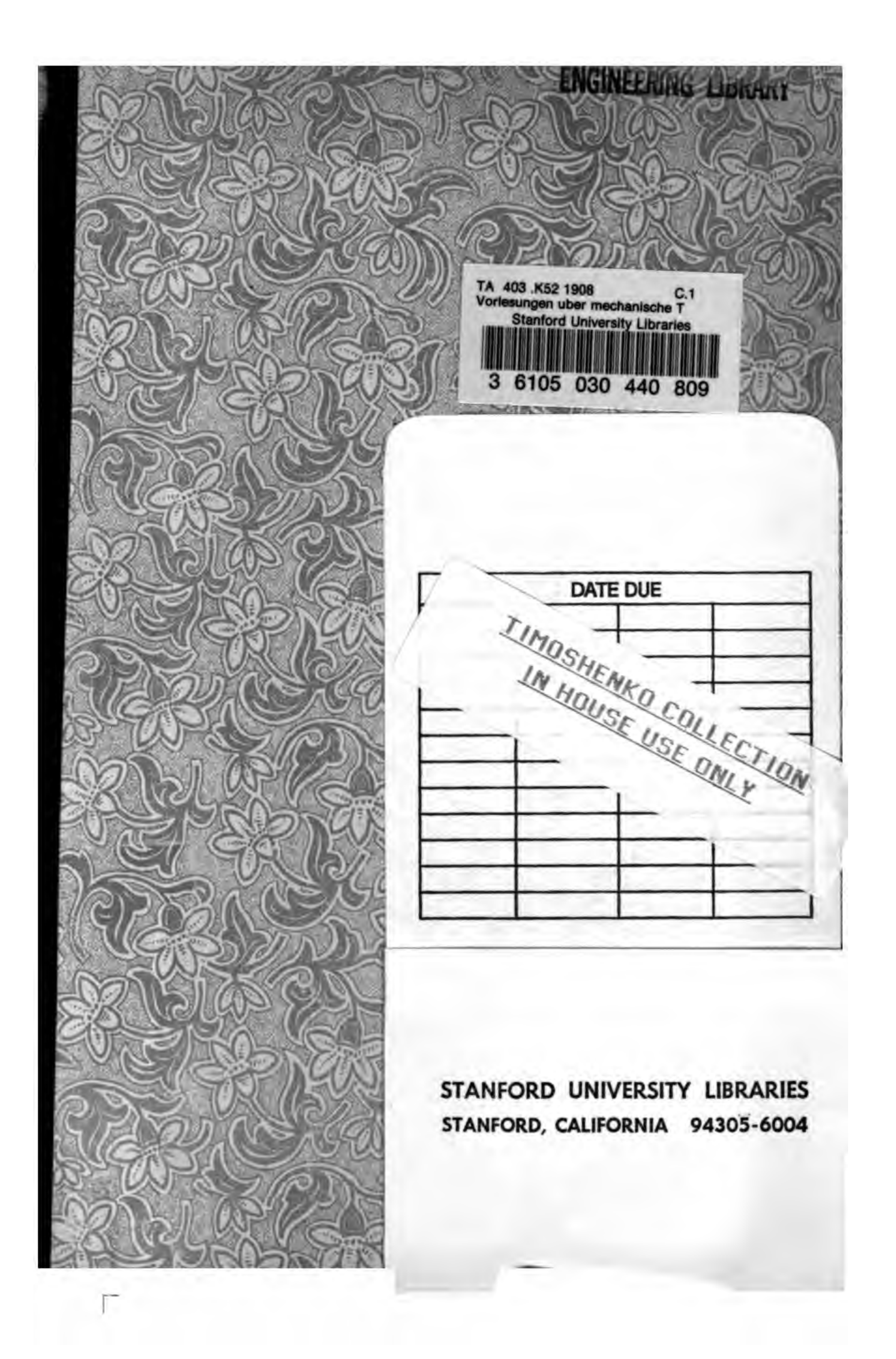
Y.

Z.








ENGINEERING LIBRARY
TA 403 .K52 1908 C.1
Vorlesungen uber mechanische T
Stanford University Libraries
3 6105 030 440 809
DATE DUE
TIMOSHENKO COLLECTION
IN HOUSE USE ONLY
STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004